

Année 1938-1939

3^e Série - N^o

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE NANCY

POUR OBTENIR

le Titre de Docteur de l'Université de Nancy

MENTION "PHARMACIE"

PAR

Robert GUIR

PHARMACIEN

Diplômé de Microbiologie de l'Université de Nancy

Diplômé de Sérologie de l'Université de Paris

Lauréat de la Faculté de Pharmacie de Nancy

né le 22 Septembre 1907, à Rodemack (Moselle)

Contribution à l'étude des eaux potables de la rive droite de la Moselle

(Région comprise entre Thionville et Sierck)

Soutenue le 13 Mars 1939, devant la Commission d'Examen

Président. . . MM. PASTUREAU

Juges. . { MARCHAL
 D^r VERNIER

NANCY

SOCIÉTÉ D'IMPRESSIONS TYPOGRAPHIQUES

1939

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE NANCY

POUR OBTENIR

le Titre de Docteur de l'Université de Nancy

MENTION "PHARMACIE"

PAR

Robert GUIR

PHARMACIEN

Diplômé de Microbiologie de l'Université de Nancy

Diplômé de Sérologie de l'Université de Paris

Lauréat de la Faculté de Pharmacie de Nancy

né le 22 Septembre 1907, à Rodemack (Moselle)

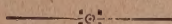


Contribution à l'étude des eaux potables de la rive droite de la Moselle (Région comprise entre Thionville et Sierck)

Soutenue le 13 Mars 1939, devant la Commission d'Examen

Président. . . MM. PASTUREAU

Juges. . . { MARCHAL
Dr VERNIER



NANCY

SOCIÉTÉ D'IMPRESSIONS TYPOGRAPHIQUES

1939

PERSONNEL ENSEIGNANT

Doyen:

M. F. KAYSER

Assesseur:

M. A. MEUNIER

Doyens honoraires:

M. BRUNTZ, C ✱, ☼, I ☼, O ☼, ✚, ✚, Recteur de l'Université de Nancy.

M. SEYOT, ✱, ☼, I ☼, ☼, ✚, Professeur d'Histoire naturelle

Professeurs honoraires:

M. GRÉLOT, ✱, I ☼, ☼.

M. BRUNTZ, C ✱, ☼, I ☼, O ☼, ✚, ✚.

Professeurs:

MM. DOURIS, I ☼, ☼, ✚	Toxicologie.
PASTUREAU, O ✱, I ☼, ✚	Pharmacie chimique.
SEYOT, ✱, ☼, I ☼, ☼, ✚	Histoire naturelle.
LASSEUR, ✱, I ☼, ☼	Microbiologie.
MEUNIER	Pharmacie galénique.
Mlle M.-Th. FRANÇOIS	Matière médicale.
M. KAYSER	Chimie.

Maître de Conférences

M. MARCHAL Sciences naturelles.

Agrégé libre:

M. GIRARDET, ✱, I ☼ Chimie et Toxicologie.

Chargés de cours:

M. SEYOT, ✱, ☼, I ☼, ☼, ✚	Pr. Cryptogamie.
Mlle M.-Th. FRANÇOIS, professeur.	Hygiène.
MM. KAYSER, professeur	Chimie minérale.
DONZELOT, ☼, Pr Fac. Sciences	Physique.
SIMONNET, I ☼, Pr Fac. Droit.	Déontologie.
MARCHAL, maître de conférences.	Hydrologie.
VERNIER, I ☼	Zoologie.
CORDEBARD, ✱, ☼, I ☼	Analyse chimique.
STEIMETZ, ☼	Minéralogie.
RICHARD	Chimie organique.

Chefs de travaux:

MM. VERNIER, I ☼	Microbiologie et Parasitologie.
CORDEBARD, ✱, ☼, I ☼	Chimie et Analyse chimique.
STEIMETZ, ☼	Micrographie.
DONZELOT, ☼ (chargé de trav.)	Physique.
RICHARD (chargé de travaux)	Pharmacie.
BAILLY (chargé de travaux)	Chimie biologique et Toxicologie.

Secrétariat:

M. TRIBOLET, I ☼ Secrétaire.

La Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ni les approuver ni les imputer.



A MA FEMME ET COLLABORATRICE

A MES PARENTS

Meis et amicis.

A mon Président de thèse:

MONSIEUR LE PROFESSEUR PASTUREAU

Doyen de la Faculté de Pharmacie.

A mes Juges:

MONSIEUR MARCHAL

Maître de Conférences, Chargé de Cours d'Hydrologie.

MONSIEUR LE DOCTEUR VERNIER

Chargé de Cours de Zoologie.

A tous mes Maîtres de la Faculté de Pharmacie.

Préface

Avant d'exposer le résultat des recherches qui vont marquer le terme de mes études pharmaceutiques, il est un devoir de reconnaissance qu'il me faut accomplir.

J'exprime tout d'abord mes sentiments de profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué à mon éducation scientifique.

J'adresse plus particulièrement mes sincères et respectueux remerciements à M. le doyen PASTUREAU, qui m'a fait un très grand honneur en acceptant de présider le jury de cette thèse.

J'exprime à M. J.-G. MARCHAL, Maître de conférences à la Faculté de Pharmacie, toute ma gratitude pour s'être intéressé à ce modeste travail. Il ne m'a pas ménagé ses conseils, ses encouragements et m'a fait profiter de ses connaissances en Hydrologie, dans l'exécution de recherches, dont la réalisation a été rendue particulièrement difficile par mes occupations professionnelles.

Ma reconnaissance va également vers M. le Docteur VERNIER qui a bien voulu accepter de faire partie de ce jury.

Consacrant tout mon temps au Laboratoire de Chimie et de Bactériologie, que j'ai créé à Thionville, je ne saurais oublier d'avoir une pensée tout spéciale pour les Laboratoires de la Faculté, où j'ai acquis auprès de Maîtres dévoués les connaissances, qui me sont si utiles aujourd'hui dans l'exercice de ma profession.

Parmi ceux-ci, je mentionnerai, d'une façon toute spéciale, le Laboratoire de Microbiologie de la Faculté de Pharmacie de Nancy, où j'ai préparé le certificat de Microbiologie. Là, profitant du haut enseignement que dispense sans compter M. le Professeur LASSEUR, j'ai pu acquérir des connaissances, que je mets à profit chaque jour.

Introduction

L'eau est un élément indispensable à la vie ; son usage est aussi vieux que le monde. Les hommes dès la plus haute antiquité avaient même attribué aux sources une origine divine : le Gange, le Jourdain ont été des rivières sacrées.

Les Hindous, les Egyptiens, les Grecs, les Romains avaient pour l'eau une sorte de culte.

Les vestiges de la civilisation romaine, rencontrés dans de nombreuses régions, révèlent le caractère grandiose des entreprises d'adduction d'eau.

Rappelons le luxe incomparable des stations thermales célèbres et très fréquentées, dont les bâtiments constituaient les plus beaux monuments de la vie civile des Romains.

Mais l'époque des civilisations brillantes devait cependant bientôt disparaître. La décadence de ses vieilles institutions allait entraîner un affaiblissement de l'usage de l'eau se prolongeant très tard à travers la nuit du Moyen Age.

Le ^{xv}^e siècle voit réapparaître des bains publics, construits suivant les modèles romains : l'eau est définitivement remise en honneur.

De nos jours l'alimentation en eau potable constitue un des problèmes retenant l'attention vigilante des hommes, qui ont charge des intérêts d'une grande ville moderne.

En vérité, le rôle de l'eau dans la nature est immense et on ne peut concevoir, sans sa présence, ni l'existence du règne végétal, ni celle du règne animal.

Le corps de l'homme renferme environ 63 % d'eau et une perte de 10 % entraîne rapidement des troubles profonds. Le végétal contient lui-même un pourcentage énorme d'eau : le chiffre en dépasse souvent 80 % dans les fruits et les feuilles.

Les minéraux eux-mêmes retiennent parfois une certaine quantité de ce liquide : certains sulfates, certains carbonates cristallisent avec un nombre variable de molécules d'eau.

Si l'eau crée la vie, si de tous temps elle s'est trouvée nécessaire au développement des agglomérations, son rôle primordial n'a fait qu'augmenter depuis les découvertes immortelles de PASTEUR. Le grand savant a en effet établi l'origine hydrique de quelques-unes des plus redoutables maladies.

Fournir l'eau en abondance semblait constituer jusqu'à cette époque la solution parfaite et définitive de ce problème capital. Mais aujourd'hui, où l'eau nous apparaît comme un des facteurs principaux de l'état sanitaire, c'est sa qualité, sa valeur hygiénique qui doivent faire l'objet des plus constantes préoccupations.

En France, la loi du 15 février 1902 sur la protection de santé publique oblige en une série d'articles les maires des communes, les conseils départementaux d'hygiène, les conseils généraux, le comité consultatif d'hygiène publique à s'occuper activement de toutes les mesures sanitaires intéressant l'hygiène et en particulier la qualité et la quantité d'eau potable destinée aux communes. Dès lors, le problème des adductions d'eau nécessite l'intervention du géologue, du chimiste et du bactériologiste.

Un minimum d'eau est nécessaire journellement à l'habitant et ce chiffre ne devrait jamais descendre en-dessous de 100 litres.

Mais si les grandes villes se permettent de fournir à leurs administrés jusqu'à 300 litres d'eau par individu, dans les petites agglomérations la chose est souvent impossible.

La population rurale trouve bien souvent dans des puits l'eau nécessaire à ses besoins, malheureusement celle-ci ne présente pas toujours toutes les garanties du point de vue de l'hygiène.

De gros efforts cependant se font dans les campagnes pour alimenter les populations en eau de source, mais les agglomérations trop éloignées des sources ne peuvent accéder à ce mode d'alimentation, qui entraîne de trop lourdes charges pour le budget des communes. Le problème de l'eau a acquis une importance très grande, car en dehors des nombreux villages, qui couvrent ce pays, les puissants ouvrages fortifiés de la ligne Maginot ont donné au problème de l'eau un regain d'actualité.

L'alimentation en eau potable de ces ouvrages fortifiés est rendue parfois difficile, parce que la composition du terrain est défavorable et donne une eau trop fortement minéralisée.

Dans la région, qui nous intéresse, comprise entre Thionville et Sierck, sur la rive droite de la Moselle, l'alimentation en eau des petites agglomérations est surtout assurée par des puits. Il était donc intéressant de

rechercher quelles étaient les qualités de l'eau ainsi fournie à la population rurale et c'est la raison pour laquelle nous avons entrepris cette étude.

Ce travail est divisé en deux parties qui sont les suivantes :

PREMIERE PARTIE

PREMIER CHAPITRE

Nous avons tout d'abord développé le point de vue historique, que nous avons fait suivre de documents relatifs à la législation des eaux d'alimentation. La région mosellane a été l'objet de règlements publics spéciaux, en changeant de domination au cours des dernières décades.

DEUXIÈME CHAPITRE

Celui-ci est réservé à l'exposé des techniques chimiques et bactériologiques qui ont été utilisées dans nos recherches. Après chacune de ces études nous avons donné quelques indications concernant la manière d'interpréter les résultats obtenus.

DEUXIEME PARTIE

PREMIER CHAPITRE

Ce chapitre est consacré à l'étude géologique de la région. Nous l'avons fait précéder d'une courte étude géographique, pour nous permettre de localiser d'une façon précise les points, dont nous avons exploré le caractère hydrologique.

DEUXIÈME CHAPITRE

Ce dernier chapitre comprend l'exposé de nos recherches. Nous avons fait suivre les résultats analytiques de cartes géographiques concernant les endroits où les prélèvements d'eaux ont été effectués. Nous avons en outre fourni les coupes géologiques des différents puits et sources afin de donner une idée de la nature des couches traversées et de leur importance pour arriver à la nappe aquifère.

Enfin, une courte conclusion nous permettra d'avoir une idée d'ensemble sur les moyens, dont dispose la région étudiée, pour obtenir une alimentation d'eau compatible avec sa population, devenue plus dense, et les exigences de l'hygiène moderne.

Nous soulignerons par la même occasion l'importance des contaminations, dont ces eaux peuvent être la source, et les précautions qu'il sera nécessaire d'employer pour les rendre sans crainte utilisables pour l'alimentation.

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

Historique et Législation

Historique

Les civilisations anciennes se sont toujours installées dans des endroits où elles pouvaient trouver l'eau et le sel, qui sont deux aliments indispensables à la vie. Cette condition était réalisée dans la région faisant l'objet de ce travail, et c'est la raison pour laquelle nous trouvons les traces de l'homme préhistorique sur les territoires des villages d'Obernau-men et de Remeling. Ceux-ci sont placés comme nous les verrons plus loin, à la limite des marnes et du conchylien, et aussi en bordure de la faille de Contz où les marnes salées sont superposées au grès bigarré et aux couches inférieures du conchylien. La présence du Néolithique se décèle par les nombreux silex plus ou moins ouvragés que l'on trouve dans les champs de ces deux communes (1).

Le plateau marneux situé entre le ruisseau de Montenach et la Can-ner était autrefois parsemé de marais salants, qui se sont desséchés en laissant un abondant dépôt de sel. Des érosions successives ont dissous ce sel et actuellement, il ne reste plus que les pseudos-morphoses, qui encastraient autrefois les cristaux de chlorure de sodium.

De nos jours, l'eau salée s'écoule encore drainée par les failles marneuses des bords de la Moselle; à Berg, Contz et Apach ainsi que dans quelques endroits du territoire allemand voisin.

Les Gallo-Romains, qui occupèrent le pays dès l'époque de Jules César, furent des grands chercheurs d'eau; et les sources, du fait de leur bien-faisance, étaient souvent dédiées à des divinités.

Metz et Trèves étaient réunies par deux voies romaines, et les vestiges des villas rencontrées sur ce parcours, révèlent toujours l'existence d'une source à ces endroits.

Dans la région, qui nous intéresse, nous trouvons les sources, aux abords des couches de rhétien. C'est ainsi que les sources des villages disparus de Terling et d'Ay près de Metzerrèche, étaient situées en bordure de la voie romaine. Plus loin se trouvait la grande villa de Heiden-

(1) On trouve de fort beaux échantillons de ces silex dans la collection de M. Mouth, instituteur retraité de Kédange.

feld, près du hameau d'Élsing, à côté d'un petit ruisseau, qui descend des flancs du Hackenberg. Les vestiges romains font défaut sur le plateau de Monneren, nous les retrouvons plus loin dans la région des sources à Kirchnaumen, Halstroff et Ritzing.

Les traces de la civilisation romaine se relèvent aussi le long de la terrasse exhaussée de la rive droite de la Moselle, qui n'est pas influencée par les crues hivernales de la rivière et d'où jaillissent des sources d'eau vive, facile à capter. Ces points d'eau donnèrent naissance aux colonies romaines d'Yutz et de Métrich.

Dans la région située entre Métrich et Oudrenne, au cours de recherches faites en vue de la captation d'eau pour cette dernière commune, on mit à jour près d'une source, une double conduite d'eau : la première taillée d'une façon rudimentaire dans des troncs d'arbres ; la seconde superposée à la première utilisait des tuyaux de plomb. Cette dernière conduisait à un emplacement où l'on retrouve les fondations d'une villa romaine dite Dedenhoffen.

L'eau chez les Gallo-Romains servait non seulement pour les besoins domestiques, mais surtout pour l'hygiène individuelle, pour le bain quotidien. C'est ainsi que la villa de Nennig près de Trèves, sur la rive droite de la Moselle, était dotée d'une superbe piscine, dont le fond, formé de petits carrés de marbres multicolores, présente des dessins artistiques fort variés, qui font encore aujourd'hui l'admiration des visiteurs.

Ces nombreux vestiges du passé marquent une brillante période de civilisation qui fut anéantie avec l'effondrement de l'Empire romain.

L'homme retourne alors à la barbarie et les migrations successives, qui se sont produites dans ce pays, n'ont laissé aucune trace de captation de sources.

Le Moyen-Age changea complètement les conditions d'existence de nos ancêtres. L'insécurité des routes, les incursions des chevaliers pillards, forçaient les manants des villages à chercher un abri à distance des grands chemins, dans les forêts aux sentiers tortueux dont l'accès était difficile. Les artisans se groupaient autour du manoir du seigneur, qui devenait le noyau de la défense. Le captage de l'eau était alors subordonné à l'emplacement. Les habitants d'un château, placé sur le sommet d'une côte, devaient faire creuser parfois un puits très profond pour atteindre une nappe aquifère, ou bien réunir dans une citerne les eaux de pluies déversées par les gargouilles des toits. Les prisonniers étaient chargés du dur travail de forage des puits et cela avec des moyens primitifs. Le puisage

de l'eau, s'effectuait parfois par des moyens ingénieux. Un treuil servait d'ordinaire à remonter les seaux du puits. Au château de Roussy-le-Bourg, un dispositif à transmission, placé sous un abri fort pittoresque, surmonté d'un toit d'ardoises en poivrière représente aujourd'hui un échantillon curieux de l'art mécanique du Moyen-Age.

Enfin, à Rodemack, une grande roue-cage était montée sur un treuil où s'enroulait la chaîne des seaux. Elle était actionnée par deux hommes, qui, à l'aide des pieds et des mains, la faisaient tourner à la manière des roues à écureuil. Cette dure besogne était d'ordinaire réservée à des prisonniers.

Dans les villes ou châteaux de la plaine, dont la défense était assurée par des fossés ou des marécages, l'alimentation en eau potable était très aléatoire. Les puits étaient de faible profondeur et donnaient une eau insuffisamment filtrée et facilement polluée par les crues des rivières. C'était le cas au Moyen-Age dans la ville de Thionville, qui fut fortifiée par les comtes de Luxembourg au XII^e siècle. Les eaux des puits étaient si mauvaises qu'on préférait aller chercher l'eau dans la Moselle. Cette eau était filtrée à travers des couches de sable et de charbon, disposées au fond d'un tonneau. L'alimentation en eau se faisait encore de cette manière, lorsque la ville, détruite en 1558, fut rebâtie après avoir été exhaussée d'environ deux mètres. Trois puits publics, qui se trouvaient sur différentes places de la ville, furent conservés.

Les porteurs d'eau de Thionville existèrent jusqu'après l'annexion allemande en 1870, époque à laquelle fut créée la conduite de Morlange.

Le pittoresque métier de porteur d'eau donnait à la ville un cachet tout à fait particulier aux heures matinales. Ces hommes se rendaient à l'aube sur la rive de la Moselle, chargés d'une hotte de vigneron qu'ils déposaient sur un des nombreux trépieds de bois placés au bord de la rivière. A l'aide d'une écuelle, la hotte était remplie d'eau. Elle était ensuite garnie d'un balai de bouleau neuf, disposé en éventail pour retenir les éclaboussures des petites vagues, qui auraient pu atteindre le porteur au moment où il montait les escaliers donnant sur le chemin de halage.

La redevance due aux porteurs était d'ordinaire de deux sous par hotte, prix qui paraîtrait excessif de nos jours; mais comme il ne s'agissait que de l'eau pour la consommation familiale, la dépense ne paraissait pas onéreuse. Le lessivage du linge se faisait toujours sur les bords mêmes de la Moselle.

Les monastères, dont la fondation remonte à l'époque des croisades ou même à une période antérieure, furent établis près des points d'eau. Leur fondateur les avaient placés d'abord sous la protection de Dieu, et plus tard les Seigneurs en prirent la garde comme voués d'abbaye. Les couvents ne furent pas dotés de murailles et les moines vivant en anachorètes buvaient l'eau de la source. Plus tard, quand les ermitages se transformèrent en abbayes, celles-ci furent dotées de fontaines, où se désaltéraient moines et pèlerins. Ces fontaines alimentaient les lavoirs et même des viviers à poissons où les pèlerins lavaient leur linge et faisaient leurs ablutions.

Les sources des monastères donnèrent lieu à bien des légendes, c'est ainsi que près de la chapelle de Rabs, pèlerinage bien connu de la région de Vigy, se trouve une source dite de Charlemagne; celle-ci selon la légende aurait jaillit à la suite d'un coup de pied du cheval du grand Empereur, lorsque celui-ci vint chasser dans les forêts voisines.

L'ancienne abbaye des Cisterciens de Villers-Brettnach était alimentée par les sources du rhétien, tandis que les Chartreux de Rettel captaient les eaux du conchylien de l'Altenberg.

L'alimentation en eau potable s'est ensuite progressivement améliorée et là, où il y avait possibilité de créer des conduites, cette installation était faite, même si elle paraissait onéreuse.

Le problème de l'eau potable, tout en étant lié à une question de finances communales, est surtout dominé par les conditions géographiques et géologiques de la région.

La région située entre Thionville et Sierck, qui fait l'objet de ce mémoire, est essentiellement agricole. En bordure des prairies et des vignobles, qui longent le fleuve, s'élèvent des coteaux boisés avec de beaux sites qu'un ami de la nature, M. GUYOT, Conservateur des Eaux et Forêts à Metz, a fort bien décrits dans une plaquette illustrée, intitulée « La Vallée de la Canner » et où il évoque non seulement le charme bucolique des lieux, mais aussi leur importance militaire (1). Nous nous trouvons en effet, dans une zone de fortifications des plus modernes. Mais l'alimentation en eau potable de cette région est restée assez rudimentaire. Si elle est suffisante dans les vallées, où coulent des filets d'eau claire, venant des coteaux boisés, il n'en est malheureusement pas de même sur les plateaux marneux situés à l'Est et à l'Ouest de la Canner, où la pénurie d'eau se fait sentir souvent pendant la saison sèche.

(1) « La Vallée de la Canner », par M. GUYOT, 1935.

Aucun des villages de cette région ne possède de distribution d'eau potable à domicile. Les habitants prennent leur eau aux fontaines publiques ou bien à des puits, actionnés par des pompes à bras. Ces prises d'eau ne présentent pas toutes les garanties au point de vue de l'hygiène, c'est le cas principalement des puits de particuliers, qui sont en général insuffisamment protégés contre les pollutions provenant du milieu environnant.

Les puits voisinent trop souvent avec des tas de fumier, placés devant les maisons de cultivateurs. Les eaux sont d'ordinaire captées dans des dépressions en contre-bas des villages, où s'accumulent en même temps les eaux résiduaires. Souvent la pompe du puits alimente un abreuvoir pour bestiaux, ce qui entraîne une contamination sans cesse entretenue des contours du puits.

Les puits à ciel ouvert, rencontrés si fréquemment autrefois et dans lesquels l'eau était puisée à l'aide d'un seau fixé soit à la chaîne d'un treuil, soit à la perche d'un balancier, sont l'objet de souillures encore plus importantes. Les instruments pour puiser l'eau sont rarement soumis à un nettoyage préalable. De même, les puits à ciel ouvert sont encore fréquemment souillés par la présence de cadavres d'animaux. En écartant les cas de malveillance, on peut y trouver assez souvent de petits cadavres de rongeurs ou de volailles noyées accidentellement.

Ces pollutions peuvent être d'autant plus dangereuses, que l'eau garde d'ordinaire sa limpidité primitive. Il n'en est pas de même de la saveur qui est légèrement altérée.

Les puits à ciel ouvert surtout, s'ils ne sont pas nettoyés fréquemment, deviennent à la longue le réceptacle de toute une faune aquatique composée d'insectes de différents genres : de vers, de mouches, etc... qui sont l'origine de nombreuses contaminations.

Les communes, qui possédaient autrefois des puits à ciel ouvert, ont été obligées de les couvrir et de les munir d'une pompe.

A l'heure actuelle, on n'en rencontre plus que dans les cours des maisons de ferme, où ils ne servent plus à l'usage des particuliers. Malgré les dangers que présentent de tels puits, les populations rurales ne s'en inquiètent pas. On oppose volontiers aux critiques, faites sur le mauvais aménagement d'un puits ou sur la mauvaise qualité d'une eau, l'argument de longévité, dont bénéficient beaucoup de campagnards, qui ont bu durant leur vie de ces eaux. On oublie cependant que la mortalité infantile est parfois assez grande à la campagne et qu'on doit le plus souvent l'attribuer à l'eau.

M. Michel GRÉGOIRE, de Sierck, raconte dans une étude folkloriste manuscrite de son pays, qu'autrefois on négligeait toujours les maladies infantiles et que dans ces cas, le médecin était rarement consulté : ainsi on était loin de prendre en considération les maladies d'origine hydrique. Le paysan, en général, est plutôt hanté par la perspective d'une disette d'eau, rendant l'exploitation rurale très pénible, surtout à l'époque des grands travaux agricoles, des moissons et récoltes diverses, où les animaux doivent fournir de plus grands efforts et souffrent plus facilement de la soif. La pénurie d'eau dans un village oblige parfois les habitants à aller chercher l'eau dans des tonneaux en des puits parfois distants de quelques kilomètres ou dans un village voisin. Ceci donne souvent lieu à des contestations entre les différentes communes.

Le problème de l'eau dans une commune rurale agricole est un peu différent de celui des villes. On compte à la campagne en moyenne :

50 litres d'eau par tête d'habitant ;

30 à 40 litres par cheval ;

20 à 30 litres par bœuf ;

2 à 3 litres par moutons et 20 litres par porc.

Il faut donc non seulement recenser la population, mais aussi tenir compte de l'importance et des besoins du bétail. Reste encore à prévoir les cas d'incendie. Le débit d'une conduite rurale doit donc atteindre environ 125 litres par habitant et par jour.

Quoiqu'à première vue, l'établissement d'une conduite d'eau paraisse être une entreprise onéreuse pour une commune, elle devient quand même, par la suite, une ressource appréciable pour le budget communal. Tout en assurant une quantité d'eau régulière et normale en toute saison, elle permet aussi d'améliorer la qualité qui reste toujours supérieure à celle des puits ordinaires. Elle garantit en particulier les agglomérations rurales contre les dangers d'épidémie, car l'eau reste toujours le véhicule de prédilection des maladies contagieuses, surtout des germes du choléra et de la fièvre typhoïde.

Législation et règlements publics concernant l'alimentation en eau des agglomérations

Le premier règlement concernant les eaux potables remonte au siècle de Louis XIV, à l'année 1669. Un édit royal de cette époque défend de polluer les eaux des rivières par des dépôts d'immondices, placés sur les berges. Cette mesure fut de nouveau sanctionnée par un édit du 24 juin 1777 et pendant la Révolution par une loi du 11 septembre 1792. Elle était d'autant plus opportune que beaucoup de villes, comme Thionville, s'alimentaient en eaux potables dans les rivières.

Par un règlement d'administration publique, daté du 18 avril 1861, l'établissement d'un périmètre de protection pour les fontaines publiques, alimentées par des eaux de rivières non navigables, fut prescrit dans le but de les séparer des lavoirs et des abreuvoirs publics.

A la suite des importantes découvertes dans le domaine de la Bactériologie, réalisées dans les deux décades du siècle dernier, la plupart des Etats européens établirent des règlements sanitaires qui traitaient de l'alimentation en eau potable. Nous n'envisagerons ici cependant, que ceux en vigueur dans les département recouvrés.

I. — LÉGISLATION LOCALE

La loi allemande de 1903, sur la prophylaxie des maladies contagieuses, consacre une série d'articles aux eaux potables et aux eaux résiduaires.

L'article 3 dit notamment, qu'il est urgent de veiller à une alimentation en eau pure dans les agglomérations tant urbaines que rurales et que l'évacuation des eaux résiduaires doit être contrôlée.

Toute pollution de l'eau par déchets de ménage est interdite. Il est défendu de nettoyer les vases malpropres dans le voisinage des fontaines.

L'article 4 de cette loi prescrit que dans les communes où se présen-

tent des cas de fièvre typhoïde, l'usage des fontaines, des réservoirs, des puits et des conduites d'eau, ainsi que des établissements de bains est à contrôler et au besoin l'interdiction ou la restriction de leur usage peut être ordonnée. Les eaux sales sont à évacuer le plus vite possible.

A la suite d'une épidémie de choléra, qui sévissait durement dans des ports allemands en 1906, des mesures de désinfection fort rigoureuses furent édictées par la loi d'Empire du 11 avril 1907. Les puits privés devaient être nettoyés à la vapeur d'eau et si ceci n'était possible, on procédait avec de l'eau phéniquée; les conduites d'eau devaient être rincées à l'acide sulfurique dilué. Ces mesures radicales équivalaient à peu près à une mise hors d'usage des moyens d'alimentation en eau, elles ne furent de ce fait jamais appliquées.

En dehors de ces mesures, édictées pour l'étendue entière du territoire allemand, il y eut aussi des règlements particuliers, qui touchaient principalement l'Alsace et la Lorraine. Dans cette région se trouvaient les plus fortes garnisons allemandes et on devait envisager la protection de la troupe contre les maladies contagieuses, en particulier la fièvre typhoïde, surtout en temps de manœuvre.

Ces mesures, qui devaient garantir l'alimentation collective, concernaient surtout l'utilisation des puits privés, puisque dans la plupart des villages lorrains, les conduites d'eau à cette époque n'existaient pas, les habitants se servant de leurs propres puits.

Nous reproduisons ci-dessous le texte de l'ordonnance préfectorale du 15 mai 1905 et l'instruction annexe au sujet des commissions d'hygiène appelées à statuer sur ces questions.

« Ordonnance préfectorale du 15 mai 1905, pour l'établissement de puits nouveaux et la réfection de puits anciens défectueux :

Article 1. — A l'avenir aucun puits nouveau ne pourra être foré, de même qu'un puits fermé ne pourra être remis en usage sans l'autorisation de la police locale. Un plan descriptif de l'installation du puits pourra être exigé en vue de cette autorisation.

Article 2. — Les contraventions donnent lieu à des amendes prévues dans l'article 471, al. 15 du Code civil français.

Article 3. — Cette ordonnance entre en vigueur le 1^{er} juin 1905. Elle doit être préalablement publiée d'après l'usage local. »

Le Président du Département,

Cette ordonnance de 1905 prévoit des instructions pour les commissions d'hygiène. Elles sont les suivantes :

L'autorisation d'établir un puits nouveau est subordonnée aux conditions du règlement qui suit :

1) L'eau ne doit pas être puisée dans un terrain remblayé. La profondeur de la prise d'eau doit être d'autant plus grande que le sol est plus perméable. Dans un sous-sol sablonneux, elle doit atteindre au moins 3 à 4 mètres, dans le gravier caillouteux au moins 6 mètres.

2) Le forage du puits doit être poussé à deux mètres, sous le niveau le plus bas de la couche aqueuse.

3) Le puits doit être distant d'au moins 10 mètres des tas de fumier ou des fosses de purin. Une distance inférieure n'est admise que pour le cas où une contamination du puits par des matières fécales est exclue.

Les pompes placées sur les puits doivent être autant que possible garanties contre la gelée en hiver.

4) Cet article concerne les puits artésiens, qui par suite de la formation géologique et hydrographique de la région décrite n'entrent pas en ligne de compte.

5) Pour les terrains d'alluvions de la Moselle, le diamètre du puits doit atteindre au moins 50 centimètres, pour assurer une réserve d'eau suffisante à la consommation d'un ménage. Dans ce but, il est recommandé de se servir de tuyaux de ciment.

6) Dans les régions où le rendement d'eau du sous-sol est faible, le diamètre du puits doit atteindre les dimensions variant de 1 mètre à 1 m. 50 et les puits doivent descendre jusqu'à 2 mètres sous le niveau ordinaire de la nappe phréatique. La maçonnerie du puits doit être étanche pour empêcher toute infiltration d'eau de surface. Le périmètre de protection ne peut dans aucun cas être inférieur à 10 mètres, et la margelle du puits doit être exhaussée avec des matériaux imperméables, comme aussi le contour du puits doit être garni de terre glaise battue, recouverte de ciment. Le puits doit être muni d'un couvercle mobile pour permettre le nettoyage, et d'un tuyau d'aération.

7) La prise d'eau doit se faire par des tuyaux de fonte, il est interdit pour les eaux douces de se servir de tuyaux de plomb.

8) Les abreuvoirs et lavoirs ne doivent être établis que sur un sol rendu étanche par une couche de terre glaise et de ciment, et seront dotés d'une conduite d'écoulement convenable pour assurer promptement l'évacuation des eaux usagées.

Ces installations doivent être éloignées au moins de 2 mètres du puits.

Les lavoirs publics ne doivent être alimentés que par l'eau courante.

9) Les plans de ces installations doivent être soumis à l'autorisation préfectorale par l'intermédiaire du médecin d'arrondissement. Les puits nouveaux, avant d'être mis en usage, doivent être examinés par une commission municipale, à laquelle est adjoint le médecin-inspecteur d'hygiène de l'arrondissement.

Les défauts d'étanchéité sont reconnaissables aux suintements qui peuvent être remarqués à la paroi supérieure du puits.

Si l'eau paraît être de qualité douteuse, elle doit être analysée au point de vue chimique et bactériologique. S'il s'agit d'une alimentation collective, ces analyses sont de rigueur.

10) Les conditions de potabilité requises sont les suivantes :

L'eau doit être claire et limpide, sans aucun goût ni odeur, même en la chauffant à 50 degrés. L'eau ne doit pas être trop tendre, toutefois le degré hydrotimétrique ne doit pas dépasser 40 degrés. L'eau ne doit contenir ni nitrites, ni ammoniacque et peu de chlorures. La quantité de MNO^4K pour l'oxydation de la matière organique ne doit dépasser un centigramme par litre. Le résidu d'évaporation ne doit être ni brun, ni noir. Ensemencée en milieu nutritif à une température de 31° , 1 cm^3 d'eau ne doit pas contenir plus de 500 germes et l'injection d'une culture peptonée ne doit pas être nocive pour les cobayes et les lapins.

11) Si la qualité de l'eau d'un puits à rendement normal, doit être améliorée, il y a lieu de nettoyer et de garnir les parois d'une matière étanche. Ensuite le fond du puits doit être comblé avec une matière filtrante, constituée par du sable et du gravier et couvert à la surface d'une couche d'argile. Si le rendement d'eau d'un puits est faible et que la qualité de l'eau est médiocre, le puits doit être agrandi en profondeur, et le vide comblé avec de grosses pierres propres, chargées de gravier et de sable et recouvertes ensuite d'une couche d'argile.

En cas d'encrassement du filtre du tuyau de pompage, qui ne laisserait plus passer l'eau en quantité suffisante, il y a lieu de verser de l'acide

chlorhydrique dilué dans le tuyau et de vidanger ensuite pendant un quart d'heure.

Le service de contrôle de ces puits est assuré par l'inspecteur d'hygiène d'arrondissement.

II. — LÉGISLATION FRANÇAISE

La législation française sur le régime des eaux, rendue applicable dans nos départements en 1924, et d'autre part, la loi sanitaire française du 15 février 1922, amplifiée par le décret du 30 octobre 1935, nous donne un règlement succinct sur l'alimentation collective en eau potable, en vigueur aujourd'hui. L'article 10 de cette loi donne les indications suivantes :

« Le décret, déclarant d'utilité publique, le captage d'une source pour le service d'une commune, déterminera, s'il y a lieu, en même temps que les terrains à acquérir en pleine propriété, un périmètre de protection contre la pollution de la dite source. Il est interdit d'épandre sur les terrains compris dans ce périmètre des engrais humains et d'y forer des puits sans l'autorisation du Préfet.

L'indemnité qui pourra être due au propriétaire des terrains du périmètre sera réglée par les formes de la loi du 3 mai 1841 sur les expropriations. »

Le décret du 30 octobre 1935, sur la protection des eaux potables est ainsi conçu :

Article 1. — Le décret, déclarant d'utilité publique le captage d'une source, d'une eau souterraine ou d'une eau superficielle (cours d'eau, barrage, réservoir) pour le service d'une commune ou d'une agglomération, détermine, en même temps que les terrains à acquérir en pleine propriété un périmètre de protection contre la pollution de l'eau captée.

Il est interdit d'épandre sur les terrains compris dans ce périmètre, des engrais humains organiques ou chimiques et d'y forer des puits sans l'autorisation du Préfet. L'indemnité, qui pourrait être due aux propriétaires de ces terrains, sera déterminée selon les formes prescrites dans les décrets-lois du 8 août et 31 octobre 1935, sur les expropriations, comme pour les héritages, acquis en pleine propriété. Ces dispositions sont applicables aux puits ou galeries fournissant de l'eau potable empruntée à une nappe souterraine. Les communes peuvent également demander l'établissement d'un périmètre de protection pour les ouvrages existants de captage

et pour les ouvrages d'amenée ou de distribution des eaux servant à l'alimentation.

Sont désormais interdits les aménées à ciel ouvert d'eau destinée à l'alimentation humaine. Les aménées à ciel ouvert, qui existent actuellement, devront dans le délai d'un an à partir de la date du présent décret-loi faire l'objet d'une demande d'autorisation adressée au préfet, faisant connaître les travaux de couverture, de protection par clôtures et de purification envisagés pour livrer à la consommation une eau répondant entièrement aux conditions imposées par le Conseil supérieur d'hygiène publique de France et par le présent décret-loi. Le droit à l'usage d'une source d'eau potable implique, pour la commune qui le possède, le droit de curer la source, de la couvrir et de la garantir contre les causes de pollution, mais non celui de modifier le cours par des tuyaux ou des rigoles.

Un règlement d'administration publique déterminera, s'il y a lieu, les conditions dans lesquelles le droit à l'usage pourra s'exercer.

L'acquisition de tout ou d'une partie d'une source d'eau potable par la commune dans laquelle elle est située, peut-être déclarée d'utilité publique par arrêté préfectoral, quand le débit à acquérir ne dépasse pas deux litres à la seconde, soit 7,2 mc. à l'heure ou 172,8 mc. par jour.

Cet arrêté est pris sur la demande du conseil municipal et l'avis du conseil départemental d'hygiène après enquête régulière.

Art. 2. — (Concerne les gisements d'huitres.)

Art. 3. — Tout concessionnaire d'une distribution d'eau potable est tenu de fournir une eau bactériologiquement et chimiquement pure. Cette prescription exige toutes les fois que l'eau est susceptible d'être souillée, même accidentellement, l'emploi de méthodes et de correction scientifiques, approuvées par le Ministre de la Santé publique sur avis modifié du conseil supérieur d'hygiène, et l'obligation de prélèvements périodiques rapprochés de ladite eau suspecte. Si le captage et la distribution d'eau potable sont effectués en régie par la Municipalité, les obligations prévues au présent article incombent à la municipalité, avec le concours du bureau d'hygiène, s'il en existe un dans la commune, et sous la surveillance du service départemental d'hygiène.

Des mêmes obligations incombent aux municipalités en ce qui concerne les puits, sources, nappes souterraines ou superficielles servant à l'alimentation collective des habitants.

En cas d'observation par une municipalité des obligations énoncées au

présent article, le préfet après une mise en demeure restée sans résultat, prend les mesures nécessaires. Il est procédé à ces mesures aux frais des communes.

Art. 4. — Dans toutes les villes, pourvues de réseaux d'égouts, toute construction nouvelle, dans une rue où existera l'égout, devra être disposée de manière à y conduire directement et souterrainement les eaux pluviales, ménagères et industrielles ainsi que les matières de vidange. Dans les villes où sera adopté le système séparatif, deux canalisations différentes pourront être imposées. Les eaux et matières ne seront évacuées qu'après une épuration suffisante.

La même disposition sera prise :

1° Pour toute construction ancienne à l'occasion de grosses réparations.

2° Pour tous immeubles dépourvus de fosses d'aisances ou pourvus de fosses non étanches ou installées dans des conditions contraires aux prescriptions du règlement sanitaire municipal.

3° Pour tous les immeubles déjà rattachés aux canalisations pluviales pour leurs eaux usées.

Les présentes dispositions auront un effet immédiat dans le cas désigné sous la rubrique 1.

Pour les immeubles énoncés sous la rubrique 2 le délai imparti pour leur raccordement aux égouts d'eaux usées sera de 2 années.

Art. 5. — A défaut par le propriétaire de s'être conformé aux obligations imposées par l'alinéa précédent, les taxes que les villes sont autorisées à percevoir sur les propriétaires riverains des voies pourvues d'égouts sera majoré de 50 % à partir du moment où le raccordement sera devenu obligatoire jusqu'au moment où ce raccordement sera effectué.

Art. 6. — En outre le raccordement pourra être effectué d'office par les soins du maire.

Art. 7. — Tout concessionnaire qui, par inattention, négligence, manque de précautions, inobservation des règlements sanitaires ou des prescriptions d'un cahier de charges, aura occasionné la pollution d'eau de boisson, susceptible de nuire à la santé publique sera puni d'un emprisonnement de 6 jours à 6 mois et d'une amende de 50 à 2.000 francs. La déchéance du concessionnaire, sauf recours au Conseil d'Etat (ou tribunal administratif) pourra être prononcée.

Art. 8. — Rappel de l'article 471 du Code général.

Art. 9. — Quiconque par négligence ou par incurie dégradera des ouvrages publics ou communaux pour l'eau d'alimentation, ou laissera par négligence ou incurie introduire des matières excrémentielles ou toutes autres matières, susceptibles de nuire à la salubrité, dans les eaux de sources, de fontaines ou de puits sera puni des peines édictées aux articles 479 et 480 du code pénal.

Est interdit, sous la même peine, l'abandon des cadavres d'animaux, des débris de boucherie, fumiers, matières fécales, en général des matières putrescibles dans les failles, gouffres ou excavations de toute nature autrement que dans les fosses prévues pour les établissements classés.

Tout acte volontaire est passible de l'article 237 du code pénal.

Art. 10. — Les procès-verbaux constatant l'infraction au présent décret-loi seront dressés à la requête du préfet ou médecin départemental d'hygiène, des maires, médecins ou architectes communaux.

CHAPITRE DEUXIEME

Analyse chimique et bactériologique des Eaux

Considérations générales.

Depuis bien longtemps, on a cherché par quels moyens on pouvait se rendre compte de la potabilité d'une eau.

Lorsque celle-ci présentait certains caractères organoleptiques et chimiques on la considérait comme potable.

Pour HIPPOCRATE, les eaux les meilleures devaient être chaudes en hiver et froides en été. Au IV^e siècle, PALLADIUS en appréciait la valeur par les effets qu'elle produisait. On jugeait une eau d'une région par la santé des habitants et par les manifestations intestinales et rénales qu'elle pouvait entraîner.

Jusqu'à la fin du XVII^e siècle l'eau, pour être potable, devait être claire avant tout et n'avoir ni odeur ni saveur.

En 1669, BAYLE imagina quelques réactifs élémentaires, lui permettant de pousser un peu plus avant l'étude d'une eau. L'infusion de bois du Brésil, de la teinture de noix de galle, etc..., additionnée à l'eau, lui faisaient tirer d'intéressantes conclusions.

Au milieu du siècle dernier, on considérait qu'une eau potable était fraîche, limpide, ne présentant aucune odeur. Elle devait avoir une saveur faible, ni désagréable, ni fade, ni salée et ne contenir que peu de matières étrangères. Il lui fallait cependant renfermer assez d'air en dissolution, dissoudre le savon sans former de grumeaux et ne pas être une entrave à la cuisson des légumes.

Depuis lors de nombreuses méthodes ont été imaginées et les noms de HERNE, LISTER, GEOFFROY, PRIESTLEY, etc... jalonnent le chemin parcouru pour aller de l'empirisme le plus complet aux principes d'analyse, utilisés aujourd'hui.

La recherche des éléments minéraux en dissolution devait bientôt compléter l'étude des matières contenues dans l'eau.

Le microscope devait enfin ouvrir une voie nouvelle, mettant en évidence la présence d'organismes invisibles à notre œil, impuissant à les discerner. A partir de ce moment les hygiénistes attirèrent l'attention sur le rôle des infiniment petits dans les maladies infectieuses d'origine hydrique. L'examen bactériologique des eaux voit alors son importance soulignée, mais beaucoup d'hydrologues en ont contesté la valeur pendant un certain temps.

Aujourd'hui l'analyse bactériologique ne joue pas un rôle exclusif, mais elle complète très bien l'analyse chimique. Les investigations, dans ces deux domaines si différents, permettent d'établir d'une façon précise la potabilité d'une eau.

Vouloir juger de la valeur d'une source par l'emploi de l'une de ces deux méthodes constitue une erreur grossière; souvent nous avons constaté au cours de nos recherches, que des eaux ayant une composition chimique normale et acceptable contenaient néanmoins jusqu'à 500 et 1.000 Colibacilles au litre. A Hombourg, au contraire, nous avons trouvé une eau irréprochable au point de vue bactériologique, mais qui avait une minéralisation excessive, allant jusqu'à 3 gr. par litre: ce qui devait la faire rejeter autant pour la boisson que pour les usages ménagers.

Sans nier la rapidité plus grande des résultats que peuvent fournir les méthodes analytiques, utilisées en chimie, l'examen bactériologique se fait cependant assez vite. Il est des moyens qui permettent de reconnaître approximativement et en quelques heures la souillure d'une eau.

La contamination des nappes et des sources entraîne avec elle l'apport d'éléments étrangers ou un accroissement anormal de certains sels. L'analyse chimique doit avoir pour but de déceler ces apports ou accroissements, afin de dépister l'origine de la contamination.

I. — ETUDE CHIMIQUE

Sans vouloir insister sur des généralités connues de tous, il nous a paru nécessaire cependant de nous arrêter quelque peu sur les méthodes d'analyse que nous avons employées. Ceci, dans le but de faciliter l'interprétation des résultats personnels, que nous présentons.

PRELEVEMENT

Un soin particulier doit être apporté au prélèvement d'un échantillon destiné à l'analyse chimique.

Le Conseil supérieur d'hygiène publique a fixé les précautions absolument indispensables à prendre à cet effet. Nous nous y sommes strictement conformés.

C'est ainsi que, après nettoyage des récipients d'abord à l'acide sulfurique dilué, puis au permanganate de potasse, nous les avons passés à l'eau distillée. Avant de les remplir, les flacons étaient encore rincés à plusieurs reprises avec l'eau à analyser. Toutes nos analyses ont été effectuées peu de temps après le prélèvement. Nous avons pris soin de déterminer, directement à la source, le pH (par le procédé colorimétrique), la température de l'eau et celle du lieu de prélèvement.

MARCHE DE L'ANALYSE

La marche d'une analyse n'étant pas sans importance, nous avons adopté dans nos dosages, l'ordre suivant :

I. — DOSAGE (1) DES GAZ DISSOUS DANS L'EAU

L'eau renferme principalement en dissolution de l'oxygène et de l'azote, issus de l'air atmosphérique, et de l'acide carbonique, de même origine ou provenant de dissolution souterraine.

Les dosages de l'oxygène et du gaz carbonique ont seuls de l'intérêt au point de vue hygiénique.

Dosage de l'oxygène

Nous avons dosé l'oxygène dissous par la méthode de Mohr, modifiée par A. LÉVY. Elle consiste à faire absorber l'oxygène de l'eau par une solution de sulfate double de fer et d'ammoniaque, ceci en présence d'une solution alcaline de potasse.

(1) Tous les dosages ont été effectués sur de l'eau préalablement filtrée.

Cette opération doit s'effectuer en l'absence de l'air. C'est pour cette raison que LÉVY a tourné la difficulté en utilisant une pipette spéciale d'environ 100 cc.

La pipette de LÉVY est munie de 2 robinets : un supérieur et un inférieur délimitant un volume que l'on détermine très exactement une fois pour toutes.

La pipette, dont nous nous sommes servi, contenait 103 cc. d'eau. Après son remplissage avec l'eau à analyser, nous y faisons arriver 2 cc. d'une solution de KOH à 10 %, puis 3 cc. d'une solution à 35 gr. de sulfate ferreux ammoniacal.

Il nous restait donc : $103 - (2 + 3) = 98$ cc. d'eau.

Après 5 minutes de repos, il se forme dans la pipette un précipité d'oxyde ferreux et ferrique, qu'il faut redissoudre dans un excès d'acide en évitant le contact de l'air.

Pour cela, on fait entrer dans la pipette, 2 cc. d'un mélange à volumes égaux d'eau et d'acide sulfurique, et on n'a plus qu'à recevoir le tout dans un vase contenant déjà 2 cc. d'acide sulfurique au 1/2, afin de rester toujours en milieu acide.

On titre par le permanganate N/80.

Le dosage primitif est répété, en évitant la précipitation de l'hydrate ferreux c'est-à-dire en n'ajoutant la potasse qu'après l'acide sulfurique et le sulfate ferreux.

La différence entre les volumes de solution de permanganate, successivement employés dans les deux dosages, permet de calculer la proportion d'oxygène dissous dans la quantité d'eau examinée. On ramène ensuite au litre.

Dosage de l'acide carbonique total

CO² total correspond à l'acide carbonique des carbonates, des bicarbonates et au gaz carbonique libre dissous dans l'eau (1). Pour effectuer ce dosage : 200 cc. d'eau à analyser sont placés dans un flacon bouché à l'émeri de 250 cc. On ajoute une quantité suffisante d'eau de chaux récemment préparée pour remplir complètement le flacon.

(1) Celui-ci est rarement dosé.

Après 6 heures de contact, on recueille le précipité de carbonate de chaux sur un filtre sans plis. On lave à l'eau distillée, fraîchement bouillie. Le filtre est ensuite introduit dans un Ehrlenmeyer, on ajoute 20 cc. de

$\text{HCl} \frac{\text{N}}{10}$ pour dissoudre le carbonate de chaux. L'excès de $\text{HCl} \frac{\text{N}}{10}$

est titré par une solution de $\text{NaOH} \frac{\text{N}}{10}$.

Dosage du gaz carbonique combiné

On porte à l'ébullition pendant 5 minutes 100 cc. d'eau avec 10 cc. de $\text{SO}^4\text{H}^2 \text{ N}/10$: ceci dans le but de déplacer CO^2 . Un simple dosage en retour donne la quantité de SO^4H^2 employé; d'où on déduit la quantité de CO^2 combiné.

II. — DOSAGE DES MATIÈRES ORGANIQUES

Les matières organiques de l'eau ont des origines extrêmement diverses: déchets de la vie animale et végétale, substances entraînées par ruissellement, déchets des industries, etc...

On les dose en les exprimant en milligrammes d'acide oxalique (Allemagne) ou d'oxygène (France) empruntés au permanganate de potasse, suivant l'équation:



L'oxygène ainsi libéré oxyde les matières organiques et l'excès de permanganate est titré par une solution de sulfate ferreux ammoniacal, lui correspondant volume à volume.

Ce procédé est très utile pour surveiller un cours d'eau, aux différents points de son parcours, ou quand les matières organiques sont de même nature mais en proportions très différentes. Les indications obtenues sont erronées s'il s'agit de comparer des eaux de nature différentes ou des matières organiques de constitution dissemblable. L'attaque du permanganate de potasse est en effet variable suivant la constitution de la matière organique en dissolution.

Les dosages doivent être effectués dans des conditions de température, de durée de contact, de réaction de milieu, aussi semblables que possible

Les titrages, en liqueur acide et en liqueur alcaline sont tous deux nécessaires.

En effet l'urée, l'acide benzoïque de l'urine des herbivores, les produits amidés tels que la leucine, la tyrosine, ne sont pas altérés par le permanganate en milieu acide; il n'en est pas de même en milieu alcalin où ces produits sont rapidement attaqués.

On doit donc tenir pour suspecte la matière organique d'une eau lorsque le chiffre de cc. de solution de permanganate utilisé est plus fort en milieu alcalin qu'en milieu acide.

Pour effectuer ces dosages nous avons opéré de la manière suivante :

Deux vases semblables, rigoureusement propres et exclusivement réservés à cet usage, sont remplis l'un avec l'eau à titrer, l'autre avec une quantité équivalente d'eau bi-distillée. Nos opérations ont toujours porté sur 200 cc. d'eau, auxquels nous ajoutons 20 cc. de la solution de permanganate N/80 et 10 cc. d'acide sulfurique au 1/4. Les récipients étaient alors soumis pendant 10 minutes à l'ébullition, puis abandonnés pendant 30 minutes, temps nécessaire au refroidissement. On procédait au dosage en retour, au moyen de la solution de sulfate ferreux ammoniacal. N étant le nombre de cc. de la solution de MnO^4K employée pour l'eau à doser et N' le nombre de cc. correspondant à l'eau bi-distillée.

La différence $N - N'$ multipliée par 0,0001 donne en milligrammes le poids de l'oxygène consommé.

Les infiltrations suspectes sont riches en substances organiques, que les microbes du sol transforment d'une façon plus ou moins rapide. On arrive ainsi à des formes plus simples telles que les nitrates, qui sont des substances indispensables à l'agriculture. Cette transformation s'effectue suivant les processus connus de la nitrification.

La nitrification détruit rapidement les toxines, qui perdent ainsi toute nocivité. La nature du sol filtrant est un facteur important de ce processus de transformation des substances complexes.

Il est donc indispensable d'apprécier la valeur filtrante et nitrifiante du terrain par la caractérisation des substances, provenant de la transformation des matières organiques sous l'action des agents modificateurs.

La recherche des infiltrations suspectes va donc comporter l'identification et le dosage de l'ammoniaque, de l'azote organique, de l'azote nitreux, des phosphates, etc.

III. — DOSAGE DE L'AZOTE AMMONIACAL

On distille 500 cc. d'eau à analyser dans un ballon de 1 litre, muni d'un bouchon traversé par un tube incliné de bas en haut et qui recourbé arrive à un réfrigérant condensateur. L'eau est préalablement rendue alcaline par addition d'une quantité suffisante de CO^3Na^2 pur : NH^3 est ainsi mis en liberté. On reçoit les cinquante premiers cc.

La distillation doit se faire lentement et durer $3/4$ d'heure. Vers la fin de l'opération, on chauffe un peu plus fort pour balayer le tube abducteur des dernières traces d'ammoniaque qu'il contient. NH^3 est caractérisé par addition au distillat de 2 cc. de réactif de NESSLER, il se produit alors une teinte plus ou moins jaunâtre.

IV. — DOSAGE DE L'AZOTE ALBUMINOÏDE

Le résidu de la distillation complète de l'ammoniaque, contenue dans un échantillon d'eau, peut renfermer des matières organiques azotées, susceptibles d'être transformées en NH^3 , sous l'influence d'oxydants énergiques ou de la minéralisation sulfurique (*Kjeldahlisation*).

Au résidu de la distillation de l'eau, déjà privée de ses sels ammoniacaux par ébullition en présence de magnésie, on ajoute 50 cc. d'une solution contenant par litre 8 grammes de MnO^4K et 200 grammes de soude caustique. Le permanganate provoque le dédoublement par hydrolyse des matières protidiques. Ce dédoublement met en liberté l'azote albuminoïde sous forme de NH^3 . Il faut une ébullition durant 2 heures, suivie d'une chauffe un peu plus forte pour distiller. On recueille le liquide par fraction de 50 cc. dans des tubes de NESSLER. On fait le dosage comme pour NH^3 .

V. — DOSAGE DE L'AZOTE NITRIQUE

Les nitrates des eaux ont pour origine les engrais chimiques employés, le salpêtre imprégnant certains sols, l'azote atmosphérique, fixé par les plantes grâce à certains ferments nitrifiants rencontrés dans les sols poreux et recouverts de végétation.

Ils peuvent aussi avoir une origine animale, mais assez lointaine.

Le dosage des nitrates se fait par le réactif sulfophénique de GRANDVAL et LAJOUX (acide sulfurique pur et concentré : 37 gr. ; phénol pur : 3 gr.).

Au résidu de l'évaporation à sec de 250 cc. d'eau, effectué dans une capsule de porcelaine, on ajoute 7 à 8 gouttes de réactif, que l'on répartit sur le fond de la capsule avec le bout arrondi d'un agitateur. On reprend par très peu d'eau et on ajoute 2 cc. d'ammoniaque. Il se forme instantanément une coloration jaune, d'une intensité proportionnelle à la quantité de nitrate contenue dans l'eau. Le liquide ainsi obtenu est amené au volume de 50 cc.

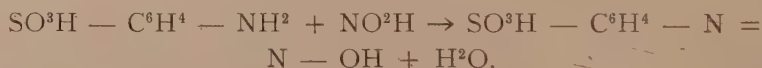
Le dosage est alors fait au colorimètre de DUBOSQ, par comparaison de la teinte obtenue avec celle d'une gamme, préparée en partant de solutions de titre croissant en NO^3K , traitées rigoureusement dans les mêmes conditions.

VI. — DOSAGE DE L'AZOTE NITREUX

Nous avons recherché les nitrites à l'aide du réactif de TROMSDORF (1), basé sur la propriété que possède l'iodure de zinc amidonné de fournir une coloration bleue en présence d'acide azoteux. On mélange: 10 cc. d'eau à analyser + 0,5 de réactif + 0,5 SO^4H^2 pur au 1/5.

Le réactif de GRIESS (2) peut être utilisé dans le même but. Il est basé sur la diazotation d'une amine aromatique, puis la copulation du diazo formé avec un excès d'amine ou de phénol comme l'indiquent les formules suivantes :

1° Formation du diazo par action de l'acide azoteux sur l'acide sulfanilique :



(1) Réactif de TROMSDORF:

Dans un erlen de 250 cc. on mélange:

- 5 gr. de fécule de pomme de terre,
- 20 gr. de chlorure de zinc,
- 100 gr. d'eau distillée,
- chauffer à ébullition, puis ajouter 2 gr. d'iodure de zinc sec, filtrer.

(2) Réactif de GRIESS:

a) Solution d'acide sulfanilique à 1/300:

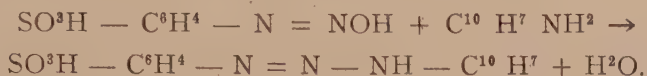
Acide sulfanilique 0,50 gr.,
Acide acétique dilué au 1/10: 150 cc.

b) Solution d' α -naphtylamine à 1/200:

Acétate d' α -naphtylamine 0,50 gr.,
Eau distillée 100 cc.,
Acide acétique dilué au 1/10: 90 cc.

2° Copulation du diazo avec la naphtylamine :

L'acide naphtylamino-azobenzène-sulfonique produit, colore le liquide en rose :



On opère sur 50 cc. d'eau portés au bain-marie avec deux cc. de solution de naphtylamine et deux cc. de solution d'acide sulfanilique. Si la réaction est positive, une coloration rose se produit, au maximum après 5 minutes.

VII. — DÉTERMINATION DU pH

Nous avons eu recours à un procédé colorimétrique en opérant sur l'eau dès son prélèvement. En effet les gaz dissous, et en particulier la concentration en CO^2 libre, influent considérablement sur la mesure de l'alcalinité ionique (1).

Pour la détermination du pH on procède comme suit :

A 10 cm^3 d'eau à analyser, contenue dans un tube à essai, de même diamètre que les tubes comparateurs, on ajoute 5 gouttes normales de solution colorante. Cette dernière doit être mesurée exactement, sa concentration devant être rigoureusement identique à celle se trouvant dans chacun des tubes de l'échelle colorimétrique.

Ensuite on pourra procéder à une lecture immédiate à l'aide du bloc comparateur ordinaire. On arrive très bien à différencier les teintes limites et à déterminer le pH à 1/10 près. Cette précision est pratiquement suffisante pour l'analyse des eaux potables.

Nous avons construit l'échelle colorimétrique en suivant la technique préconisée par CLARK (2). Cette échelle est parfaitement stable et de bonne conservation, si l'on a soin de sceller les tubes et de les stériliser par tyndalisation :

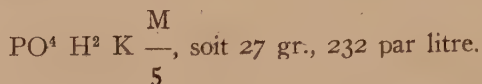
Pour la fabrication des tubes étalons on mélange des solutions tampons dans des proportions convenables pour obtenir un pH déterminé.

(1) Pour effectuer cette détermination, il faut avoir soin de se servir d'une verrerie parfaitement neutre.

(2) CLARK, The determination of Hydrogen ions Williams, Wilkins Company, Baltimore 1920, p. 70 et suivantes.

A. — COMPOSITION DES SOLUTIONS TAMPONS

1° Solution cinquième-moléculaire de phosphate monopotassique :



2° Solution cinquième-normale de soude, $\text{Na OH} \frac{\text{N}}{5}$ (non carbonatée).

B. — COMPOSITION DU COLORANT

(Préparé d'après les concentrations optima définies par CLARK et LUBS):

Phénolsulfonephthaléine.	2,1 cm ³
Soude $\frac{\text{N}}{10}$	2,85 cm ³
Alcool neutre à 70° q. s. p.	50 cm ³

C. — PRÉPARATION DE L'ÉCHELLE DE pH

Dans des tubes en verre neutre et bien propres on répartit les substances en suivant le protocole ci-dessous :

Phosph. monopotass. M — 5	Soude — 5	H ² O bidistillée	Colorant	pH du mélange
50 cc.	23 cc. 65	q. s. p. 200 cc.	5 cc.	6,8
50 cc.	29 cc. 63	q. s. p. 200 cc.	5 cc.	7,0
50 cc.	35 cc. 00	q. s. p. 200 cc.	5 cc.	7,2
50 cc.	39 cc. 50	q. s. p. 200 cc.	5 cc.	7,4
50 cc.	42 cc. 80	q. s. p. 200 cc.	5 cc.	7,6
50 cc.	45 cc. 20	q. s. p. 200 cc.	5 cc.	7,8
50 cc.	46 cc. 80	q. s. p. 200 cc.	5 cc.	8,0

On prélève 10 cc. de chacun de ces mélanges, que l'on introduit dans des tubes à essai en verre neutre. On scelle et tyndalise. On obtient ainsi une échelle de pH de 6,8 à 8, convenant tout spécialement pour l'analyse des eaux.

La solution monopotassique M/5 peut être remplacée par un mélange contenant par litre: 71 gr. 6 de phosphate de soude pur du commerce, correspondant à $(\text{PO}^4\text{Na}^3\text{H} \cdot 12 \text{H}^2\text{O} \xrightarrow{\text{M}})$ additionné de 200 cc. d'HCl N.
5

VIII. — ALCALINITÉ DE TITRATION

Dans un ehrlen nous introduisons 100 cc. d'eau et une à deux gouttes d'hélianthine puis une solution de $\text{SO}^4\text{H}^2 \xrightarrow[\text{10}]{\text{N}}$ jusqu'à coloration rouge-brun.

1 cc. $\text{SO}^4\text{H}^2 \xrightarrow[\text{10}]{\text{N}}$ correspond à 5 mmgr. CO^3Ca .

On exprime en milligrammes de CO^3Ca par litre. Le chiffre obtenu correspond à l'alcalinité de titration ou au « degré alcalimétrique » de certains auteurs.

On a encore appelé « Degré alcalin » (WARTHA 1930) (1) le nombre de cm^3 d' $\text{SO}^4\text{H}^2 \xrightarrow[\text{10}]{\text{N}}$ ou d'HCl N/10 nécessaires à la neutralisation de 100 cc. d'eau.

La qualité de CO^3Ca contenue dans 100 cc. d'eau (et déterminée par ce procédé de titrage), constitue pour cet auteur la dureté temporaire.

Ces données ont une certaine importance pour l'utilisation industrielle de l'eau.

IX. — ÉLÉMENTS MINÉRAUX

RÉSIDU A 110° C.

Le résidu obtenu à 110° constitue l'ensemble des substances contenues dans l'eau. Pour déterminer ce résidu, nous avons opéré sur trois litres d'eau filtrée, que nous avons évaporés dans une capsule de quartz (2), tarée avec la plaque de verre la recouvrant. Après évaporation à siccité, le résidu était abandonné 15 minutes à l'étuve à 110° C. puis, pesé après refroidissement sous le dessiccateur à acide sulfurique.

(1) Voir « Eléments de Volumétrie », Institut chimique de Nancy, 1930.

(2) Capsule à fond plat, de 70 mm. de diamètre.

RÉSIDU AU ROUGE

Le résidu obtenu à 110° C. est chauffé avec précaution, pour éviter la volatilisation des chlorures, jusqu'à obtention de cendres blanches. A la suite de ce chauffage, une partie des carbonates peut être réduite: il y a formation d'oxyde et perte de CO^2 . Pour reconstituer ces carbonates, il suffit d'arroser les cendres avec quelques gouttes d'une solution de carbonate d'ammonium à 10 %, d'évaporer à l'étuve et de peser ensuite.

Le poids du résidu au rouge donne une idée de la minéralisation d'une eau.

La différence de poids entre le résidu obtenu à 110° C. et le résidu au rouge constitue la perte au rouge. Elle représente la matière organique et les produits volatils contenus dans l'eau.

SILICE

Le résidu précédent obtenu par chauffage au rouge est additionné ensuite de quelques centimètres cubes de HCl pur qu'on évapore au bain-marie. Le produit est porté de nouveau à 150° C. environ. On recommence 3 à 4 fois cette opération pour bien insolubiliser la silice. Le résidu est alors recueilli sur un filtre sans plis, puis il est lavé, séché à l'étuve, et pesé. On obtient ainsi la quantité de silice exprimée en SiO^2 .

FER ET ALUMINE

Les eaux de lavage, débarrassées de la silice, sont chauffées au bain-marie avec un peu de NO^3H pour peroxyder le fer. On ajoute ensuite une solution saturée de chlorure d'ammonium et un excès d'ammoniaque. Le fer et l'alumine se précipitent à l'état d'hydrates. On les recueille sur un filtre sans cendres et sans plis. Après lavage à l'eau distillée bouillie, on sèche à l'étuve, on calcine et on pèse le sesquioxyde de fer et d'alumine: $\text{Al}^2\text{O}^3 + \text{Fe}^2\text{O}^3$.

CHAUX

La liqueur alcaline, débarrassée du fer et de l'alumine, est acidifiée par de l'acide acétique, puis additionnée d'un excès d'oxalate d'ammonium. Après 12 heures de repos, le précipité d'oxalate de chaux est recueilli sur un filtre sans cendres et sans plis, lavé, séché et calciné. On obtient alors la chaux à l'état de CaO . Il suffit d'ajouter quelques gouttes de SO^4H^2 au $1/4$ et de porter au rouge, pour transformer la chaux en

SO^4Ca . On sèche et on pèse, sachant que 136 gr. de SO^4Ca correspondent à 56 gr. de CaO .

MAGNÉSIE

La liqueur débarrassée du fer, de l'alumine et de la chaux est concentrée au bain-marie, puis additionnée d'ammoniaque jusqu'à odeur nettement perceptible. On ajoute ensuite un léger excès de phosphate d'ammoniaque. La magnésie précipite sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien. On recueille le précipité après 12 heures de repos, on le sèche et on le calcine. Le pyrophosphate obtenu est pesé. Son poids multiplié par 0,3603 correspond à la quantité d'oxyde de magnésium correspondant à la prise d'essai.

CHLORURES

Nous les avons toujours dosé par la méthode de Charpentier-Vohlard, en employant suivant les quantités de chlorures, des solutions de NO^3Ag et de CNSK N/10, N/50, N/100.

SULFATES

Pour obtenir le poids de sulfates, nous avons concentré à 100 cc. un litre d'eau, additionnée de 2 cc. de CLH. Tout en maintenant l'ébullition, nous y avons ajouté goutte à goutte une solution de BaCl^2 . Le précipité de SO^4Ba obtenu, recueilli sur filtre sans plis, lavé, séché, calciné, était ensuite pesé. Du poids du résidu, on déduit pour la prise d'essai le poids d'acide sulfurique anhydre SO^3 en multipliant par 0,3433.

PHOSPHATES

Pour effectuer le dosage des phosphates, nous avons adopté la méthode céruléo-molybdique de Denigès.

Cet auteur avait remarqué « qu'en ajoutant quelques gouttes d'une solution de chlorure d'étain à 20 cc. d'eau, on obtient une coloration bleue formée par l'oxyde salin de molybdène, soluble dans l'alcool amylique. Lorsqu'on ajoute HCl ou H^2SO^4 au mélange d'eau et de molybdate, la coloration se produit, mais elle est d'autant moins intense que la quantité d'acide est plus considérable. Si la quantité d'acide ajoutée est supérieure à celle qui empêche la formation de bleu de molybdène, on constate qu'une

teinte bleue, stable, se manifeste dès qu'on fait intervenir un phosphate ou un arséniate. Il y a dans ce cas, formation d'un phospho-conjugué molybdénique, soluble dans l'éther » (1).

Ce procédé de recherche fut pour la première fois utilisé par D. FLORENTIN (2) pour le dosage des phosphates dans les eaux de la Seine. Puis simplifiant la méthode, R. PIERRON mit au point un procédé, qui permet d'opérer directement sur l'eau, sans concentration préalable de celle-ci.

La notion d'acidité dominant toute la réaction, R. PIERRON définit les concentrations optima où la coloration bleue pouvait présenter la plus parfaite stabilité.

Il utilise 4 réactifs :

1° *Liquueur A.* — Solution aqueuse de molybdate d'ammoniaque à 10 %, faite à froid.

2° *Liquueur B.* — Acide sulfurique dilué à 50 % en poids.

3° *Liquueur C.* — Solution de chlorure stanneux SnCl_2 , $2\text{H}_2\text{O}$ obtenue en dissolvant 0 gr. 3 d'étain fin, dans 6 cc. d'HCl pur, en présence d'une trace de sel de Cu. La solution terminée, on complète à 30 cc. avec de l'eau distillée.

4° *Liquueur D.* — Solution d'orthophosphate diammonique $\text{PO}_4(\text{NH}_4)^2\text{H}$, à 1 gr. 858 0/00 dont 1 cc. représente 1 milligramme d'acide phosphorique, exprimé en P_2O_5 .

Avec les liqueurs A et B, on prépare le réactif sulfomolybdique ou réactif I: en mélangeant 2 cc. de liqueur A + 6 cc. de liqueur B.

La liqueur C constitue le réactif II.

On remplit avec de l'eau à examiner un tube de GRANDVAL et LAIOUX, jauge à 50 cc., puis on ajoute 5 gouttes de réactif I, et 2 gouttes de réactif II, en prenant soin de rendre le mélange homogène par renversement du tube avant chaque nouvelle affusion de réactif

A ce moment, et pour éviter un trouble dû à des réactions secondaires, le liquide est additionné de 6 gouttes d' H_2SO_4 pur. Les mêmes précau-

(1) DENIGÈS, Réaction colorée des phosphates et des arséniates, *C. R. de l'Académie des Sciences*, 26 octobre 1920.

(2) D. FLORENTIN, Dosage des phosphates dans les eaux, *Ann. de Chimie analytique*, 1921, p. 295.

(3) R. PIERRON, « L'eau de source de Nancy », thèse de Pharmacie, 1927.

tions sont à observer dans la préparation de l'échelle de comparaison, contenant des quantités croissantes de phosphates, qui est établie à l'aide de la liqueur D diluée au 1/100 avec de l'eau distillée.

Le tableau suivant donne les quantités à employer pour établir rapidement l'échelle colorimétrique. On y trouve également la proportion correspondante de P^2O^5 rapportée à 1 litre d'eau examinée.

Numéros des tubes de l'échelle	Quantité de solution D diluée au 1/100	Quantité de P^2O^5 dans l'essai	Proportion de P^2O^5 en milligrammes rapportée au litre
1	Néant (tube témoin)	0 mgr.	0 mgr.
2	0 cc. 1	0 mgr. 001	0 mgr. 02
3	0 cc. 25	0 mgr. 0025	0 mgr. 05
4	0 cc. 5	0 mgr. 05	0 mgr. 1
5	1 cc.	0 mgr. 01	0 mgr. 2
6	1 cc. 5	0 mgr. 015	0 mgr. 3
7	2 cc.	0 mgr. 02	0 mgr. 4
8	2 cc. 5	0 mgr. 025	0 mgr. 5
9	3 cc.	0 mgr. 03	0 mgr. 6
10	3 cc. 5	0 mgr. 035	0 mgr. 7
11	4 cc.	0 mgr. 04	0 mgr. 8
12	4 cc. 5	0 mgr. 045	0 mgr. 9
13	5 cc.	0 mgr. 05	1 mgr.
14	10 cc.	0 mgr. 1	2 mgr.

Il n'est nullement besoin de préparer les 14 tubes indiqués. Avec un peu d'habitude on arrive, après un essai rapide, à déterminer la teneur approximative en phosphates, donc la partie de l'échelle qu'il est utile de préparer.

Il est intéressant, pour obtenir une réaction bien régulière, d'ajouter les réactifs successifs en série, soit le molybdate dans tous les tubes considérés, puis le chlorure stanneux, puis l'acide sulfurique.

En procédant ainsi, on obtient une gamme de colorations stables et très aisément comparables.

Les silicates peuvent également donner lieu à des complexes colorés avec l'acide molybdique.

C'est ainsi qu'une solution de silicate de soude à 1 gr. 0/00 fournit une teinte analogue à celle donnée par une solution de phosphates contenant 0 mgr. 04 de P^2O^5 0/00.

Or, les solutions de silicate de soude à 0 gr. 10 (concentration en silicate des eaux analysées) ne fournissent pas de coloration appréciable.

Les silicates n'influencent donc pas pratiquement le dosage.

La méthode de PIERRON présente de sérieux avantages. En effet, la coloration bleue, due à l'oxyde salin de molybdène, est plus facile à apprécier à l'œil que la teinte jaune due au phospho-molybdate, qui est à la base de la méthode ordinairement employée. Ceci est surtout vrai pour des doses très faibles de phosphates à doser.

Un autre avantage réside dans la grande sensibilité de ce procédé dispensant d'une concentration préalable de l'eau et permettant d'opérer par simple mélange des réactifs et de l'eau à analyser.

X. — DEGRÉ HYDROTIMÉTRIQUE

Pour que l'hydrotimétrie donne des résultats satisfaisants, il importe avant tout que la solution de savon utilisée soit rigoureusement titrée. Pour cela, il suffit de l'étalonner par rapport à une solution de chlorure de Baryum ($BaCl^2 \cdot 2H^2O$) à 0 gr. 55 0/00.

On a remarqué en outre que les conditions optima de température pour l'apparition nette et la persistance de la mousse de savon se situent entre 20° et 20° C.

Commentant la méthode de BOUTRON et BOUDET, COURTONNE (1) préconise de procéder de la manière suivante pour la recherche du degré hydrotimétrique total :

« Prendre 40 centimètres cubes de l'eau, et 0 d'eau distillée. Coefficient de correction 1,00. Eaux titrant de 0 à 25 degré hydrotimétrique.

« Ajouter 30 centimètres cubes de l'eau à 10 centimètres cubes d'eau distillée. Coefficient de correction 1,33. Eaux titrant de 25 à 34.

« Prendre 20 centimètres cubes de l'eau et 20 centimètres cubes d'eau distillée. Coefficient de correction 2,00. Eaux titrant de 34 à 50.

« Mélanger 10 centimètres cubes de l'eau et 30 centimètres cubes d'eau distillée. Coefficient de correction 4,00. Eaux titrant de 50 à 100. »

Rappelons en outre que l'eau distillée servant à la dilution ne doit pas faire flocculer le savon par le CO^2 qu'elle peut contenir. C'est là une dif-

(1) Instructions pratiques sur l'hydrotimétrie, par M. H. COURTONNE, 1929.

ficulté trop souvent méconnue et d'où viennent souvent les divergences en hydrotimétrie. Ainsi en distillant rapidement 10 litres d'eau de rivière titrant par exemple 20 degré hydrotimétrique, COURTONNE obtint les résultats suivants :

Le premier litre d'eau distillée titrait 12 degrés hydrotimétriques, le deuxième 8 et le troisième litre 3.

Ce résultat est dû à l'acide carbonique libre qui se dégage pendant la première phase de l'opération et c'est seulement quand le premier tiers de l'eau a distillé qu'on peut être à peu près certain de recueillir de l'eau à 0 degré hydrotimétrique.

Néanmoins lorsque l'eau distillée qui sert à la dilution ne marque pas 0 degré hydrotimétrique, l'auteur corrige les degrés trouvés (D) comme il est indiqué ci-dessous :

Degrés hydrotimétriques de l'eau distillée	Eau: 40 cc. Eau distillée: 0 cc.	Eau: 30 cc. Eau distillée: 10 cc.
2°	D X 1.00	(D-0,5) X 1,33
3°	D X 1.00	(D-0,75) X 1,33
	Eau: 20 cc. Eau distillée: 20 cc.	Eau: 10 cc. Eau distillé: 30 cc.
2°	(D-1) X 2.00	(D-1,5) X 4.00
3°	(D-1,5) X 2.00	(D-2,25) X 4.00

D = degré hydrotimétrique.

Personnellement nous nous sommes servi, pour nos déterminations, d'eau bidistillée, obtenue dans un appareil Pyrex. Nous avons rejeté le premier tiers distillé. Nous avons vérifié l'eau qui distillait par la suite: elle titrait toujours 0 degré hydrotimétrique.

La détermination du degré hydrotimétrique permanent, qui représente les sels de calcium et de magnésium autres que les carbonates, permet d'opérer à de plus faibles dilutions.

Le tableau ci-dessous indique une manière de procéder (degré hydrotimétrique permanent) :

Eau titrant 35°	ajouter 4 vol. eau naturelle	+ 0 vol. eau bidistillée
— de 35° à 40°	— 3 vol.	— + 1 vol. —
— de 40° à 50°	— 2 vol.	— + 2 vol. —
— de 50° à 100°	— 1 vol.	— + 3 vol. —

En opérant avec ces précautions, c'est-à-dire en se servant d'une solution de savon exactement titrée, en se tenant dans une limite bien déterminée (entre 20 et 25 degrés) on arrive, avec un matériel bien gradué, à faire des déterminations satisfaisantes et très comparables.

Certains chimistes, il est vrai, ont crû devoir complètement délaissier la méthode au savon et procéder à leur déterminations hydrotimétriques par simple acidimétrie (méthode de WARTHA-PEIFFER) (1). Ces méthodes plus exactes au point de vue technique, ne remplacent néanmoins pas la méthode au savon, qui, si elle est pratiquée avec précautions, donne des indications suffisamment justes et parfaitement comparables.

INTERPRETATION DES RESULTATS FOURNIS PAR L'ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

L'analyse chimique des eaux nous fournit une détermination qualitative et quantitative de chacun des éléments en dissolution. Voyons maintenant quelle signification il faut attribuer aux différentes substances rencontrées.

Oxygène

Une eau potable de bonne qualité doit tenir en dissolution 5 à 8 cc. d'oxygène par litre. Beaucoup d'eaux cependant, ne contenant pas ces quantités, sont néanmoins absorbées sans inconvénient, lorsque aucune autre caractère ne vient en proscrire l'emploi.

Les eaux superficielles sont généralement les plus riches en oxygène. Il en est de même des eaux atmosphériques récemment recueillies, des eaux de sources et de nappes peu profondes, si elles n'ont pas été souillées par des matières organiques.

(1) Eléments de volumétrie, Institut chimique de Nancy, 1930.

Les nappes profondes fournissent un liquide souvent pauvre en oxygène : cela tient, soit à leur éloignement de l'atmosphère, soit à des réactions chimiques provoquées par des corps réducteurs.

Tandis que certaines eaux perdent leur oxygène, d'autres au contraire, en particulier celles des citernes ou des mares, voient ce taux augmenter. Ceci est dû à la présence d'algues à chlorophylle qui fixent le carbone et dégagent de l'oxygène à la lumière.

Il est utile de suivre les variations que subit le taux de l'oxygène à la source même et celles que l'on peut constater sur un échantillon d'eau abandonnée 2 jours à l'étuve, en flacon émeri bien rempli. Ceci a une importance plus grande que le taux absolu d'une eau en oxygène.

De telles variations, constatées à la source, peuvent tenir à une présence plus ou moins intermittente de matières organiques oxydables infiltrées. Après étuvage au contraire, elles doivent être attribuées à un processus fermentaire dû à des microorganismes aérobies.

Albert LÉVY a proposé de déterminer la perte d'oxygène subie au bout de 48 heures par l'eau conservée en flacon émeri bien rempli, abandonné à l'abri de la lumière à une température de 33° C.

Le rapport entre la perte d'oxygène et la quantité primitive de l'oxygène représente le coefficient d'altérabilité de l'eau. Ce coefficient sera d'autant plus élevé que l'eau sera plus riche en organismes susceptibles d'absorber l'oxygène.

Les hydrologues allemands attachent une très grande importance à ce qu'ils appellent le coefficient d'oxygénation d'une eau. Ce coefficient est obtenu en faisant le rapport de la quantité d'oxygène trouvée à la quantité qui saturerait l'eau à la température et à la pression du moment de l'expérience. De cette manière, ils diminuent les influences atmosphériques et le chiffre trouvé est plus exactement représentatif que la teneur absolue d'oxygène par litre.

En traçant la courbe des variations pour une eau considérée, d'après les coefficients d'oxygénation ainsi calculés, on a une image assez exacte des fluctuations de la richesse d'une eau en oxygène, selon les circonstances et l'époque considérée.

Matières organiques

Des eaux inoffensives, provenant soit de régions tourbeuses, de terrains chargés d'humus, de certains puits artésiens, peuvent contenir des doses

assez élevées de matières organiques. Mais de faibles traces de matières organiques peuvent être parfois très dangereuses par les germes pathogènes qu'elles véhiculent.

Les matières organiques d'origine végétale, rencontrées dans l'eau, offrent beaucoup moins de danger que celles d'origine animale. Ces dernières sont, en effet, le plus souvent accompagnées de microbes dangereux et de produits toxiques, issus de la dégradation des matières azotées.

Un taux de matières organiques, supérieur à deux milligrammes par litre, fait soupçonner une souillure animale, lorsqu'on trouve en même temps une dose élevée de chlorures, d'ammoniaque, de nitrites et surtout d'azote organique.

Une eau renfermant en excès des matières organiques d'origine animale, absorbe une quantité d'oxygène beaucoup plus grande en milieu alcalin qu'en milieu acide. Il peut se trouver cependant que les dosages en milieu acide et en milieu alcalin donnent des résultats très voisins. Dans ce cas, si les chlorures sont en quantité faible et que l'on ne trouve ni NH^3 ni nitrites et surtout pas d'azote organique, on peut admettre que les matières organiques, même en excès, ont une origine végétale et ne sont pas dangereuses. On ne doit pas oublier que les terrains filtrants peuvent retenir par adsorption ou décomposer les matières organiques oxydables, laissant ainsi passer des produits ou des microbes dangereux, non révélés par le dosage.

Azote ammoniacal

Le Comité consultatif d'hygiène publique ne tolère au maximum dans les eaux potables que 0,5 milligrammes d'azote ammoniacal, redoutant les infiltrations suspectes au-dessus de ce chiffre. Une telle crainte est souvent fondée; particulièrement lorsque l'analyse révèle en même temps qu'un excès de NH^3 , une proportion excessive de chlorures et de matières organiques, ainsi que des nitrites. Nous avons là sans doute une infiltration organique, dont l'azote n'a pas encore subi de minéralisation complète et qui peut, de plus, être accompagnée de germes dangereux. Certaines eaux, il est nécessaire de le mentionner, peuvent renfermer parfois de l'ammoniaque en petite quantité (quelques dixièmes d'N ammoniacal par litre), elles sont néanmoins considérées comme potables. C'est le cas :

1° des eaux d'origine profonde renfermant peu d'oxygène dissous.

2° des eaux amenées à la surface du sol par des pieux ou des conduites en fer, dans lesquelles la présence d'air et d'eau peut déterminer une production électrochimique de NH^3 .

3° des eaux provenant de sols tourbeux ou marécageux, entraînant pour NH^3 , une origine purement végétale. Dans ce dernier cas, il n'y a pas excès de matières organiques en milieu alcalin, ni abondance de chlorures.

Azote organique

La présence d'azote organique révèle l'existence d'infiltrations rendant l'eau indubitablement suspecte et ceci d'une façon plus certaine et plus directe que la présence de NH^3 . Son dosage est rendu surtout nécessaire lorsque l'origine de l'ammoniaque et des nitrites constatés reste douteuse. Les eaux ne doivent pas contenir d'azote organique. En pratique les procédés les plus précis ne devraient pas permettre d'en révéler plus de 0,15 à 0,10 par litre.

Nitrates

A peu près toutes les eaux naturelles renferment des traces de nitrates, provenant des terrains traversés. Comme les chlorures, les nitrates sont très diffusibles et traversent d'une façon rapide les filtres naturels, sans y être retenus. De même que pour les chlorures, il faut porter une attention toute particulière aux variations constatées en fonction du temps. Les nitrates sont le terme ultime de l'oxydation des matières organiques azotées, contenues dans le sol. Ils peuvent avoir une origine animale, végétale et parfois atmosphérique.

La formation des nitrates est surtout intense dans les terrains cultivés, riches en engrais naturels ou chimiques. Elle est le résultat de l'action des ferments nitrifiants sur les matières organiques renfermant de l'ammoniaque. Rapide dans les terrains cultivés, elle est très réduite sur un sol dépourvu de végétation. La nature du terrain influe de même considérablement sur la nitrification. Les terrains calcaires ou siliceux l'activent tandis que les granits, les schistes ne la favorisent pas. Si les nitrates ne sont pas associés à une dose élevée de chlorures, on peut les considérer comme ayant une origine essentiellement végétale ou inorganique. Ils peuvent être constitués par le salpêtre, qui se forme le long des parois et se détache pour tomber et se dissoudre dans l'eau.

Une forte proportion de nitrates, rencontrée avec une proportion notable de chlorures, constitue un indice de contamination par des déchets animaux. Mais la présence de NH^3 et de matières organiques en excès, lorsque le dosage est effectué en milieu alcalin, donnent plus de poids à cette présomption. Il est des cas cependant, où seul le taux de nitrates se trouve augmenté, l'ammoniaque et les nitrites étant inexistantes, la matière organique n'étant pas elle-même en excès. Cette présence intempestive de nitrates dans une eau considérée comme potable, constitue cependant un indice important d'infiltration susceptible dans des conditions de purification peu favorables.

Nitrites

Une eau potable ne doit jamais renfermer de nitrites. A ce sujet une cause d'erreur doit cependant être signalée. Des eaux dans lesquelles les nitrites sont absents, mais qui contiennent des matières terreuses en suspension, peuvent, après avoir été conservées en bouteilles bouchées exposées à la chaleur ou au soleil, présenter les réactions des nitrites. Il est donc nécessaire de pratiquer l'analyse aussitôt que possible après le prélèvement.

DUCLAUX considérait les nitrites comme provenant, soit d'une oxydation incomplète de NH^3 , donc d'une nitrification insuffisante, soit de la réduction de nitrates préformés, sous l'influence des nombreux germes dénitrifiants que l'on rencontre en abondance dans le sol. Ceux-ci exercent plus particulièrement leur action en présence des matières organiques. Une telle réduction par les microorganismes entraîne une libération d'oxygène, qui aura pour mission d'oxyder les matières organiques soustraites au contact de l'air.

La présence des nitrites indique toujours une purification incomplète de l'eau considérée. Leur recherche présente donc une très grande importance. Il ne faut pas oublier cependant que les nitrites se transforment assez rapidement en nitrates en présence d'oxygène et que, par conséquent, leur mise en évidence par l'analyse, indique toujours une contamination assez proche ou assez récente.

Des eaux en contact avec des rochers sont toujours chargées de nitrites et ceci en l'absence de toute contamination. On peut même, à la suite de l'augmentation momentanée de la nappe aqueuse, sous l'influence de pluies particulièrement intenses, constater une apparition intermittente de

nitrites. Il est donc nécessaire de chercher parfois longuement une explication à de telles modifications.

Degré hydrotimétrique

La détermination du degré hydrotimétrique constitue une méthode d'essai, renseignant sur ce que l'on appelle la duresse d'une eau, c'est-à-dire sur la quantité de sels alcalinoterreux et de CO_2 libre qu'elle contient. Les évaluations faites à l'aide de la méthode hydrotimétrique ne sont qu'approximatives; mais la simplicité des manipulations et leur rapidité rendent néanmoins l'hydrotimétrie précieuse. Lorsqu'on désire avoir une approximation, surtout dans un but industriel, le plus souvent on se contente de déterminer la duresse totale et la duresse permanente. La différence entre les deux constitue la duresse temporaire.

Les eaux potables de bonne qualité ont un degré hydrotimétrique total qui varie entre 15° et 25° .

Alcalinité ionique

Les eaux très calcaires ont un pH élevé (7,8 et au-dessus), tandis que les eaux potables courantes dont le degré hydrotimétrique total est compris entre 15° et 25° ont un pH variant de 7,2 à 7,6. Les terrains pauvres en calcaires ou siliceux ont un pH voisin de 7 et parfois légèrement inférieur.

La réaction ionique des eaux stagnantes d'étangs est conditionnée :

1° Par la végétation qui a envahi ces eaux.

Si les Carex constituent la flore dominante d'un étang, l'eau aura un pH de 7,4 à 7,8; si au contraire, ce sont les Sphagnum, le pH sera compris entre 6 et 7.

Du point de vue de l'hygiène, cette observation peut avoir une grande importance : en effet les eaux acides des étangs à Sphagnum sont impropres à la vie des larves de Moustiques, alors que celles-ci se développent aisément dans les eaux d'étangs calcaires.

2° Par la nature chimique du fond où elles reposent. Suivant que celui-ci est tourbeux, vaseux, calcaire, etc., la composition et la réaction de l'eau ne sont pas identiques aux différents niveaux.

Éléments minéraux contenus dans les eaux

Dans le résidu d'une eau, obtenu après évaporation, se trouvent de nombreux éléments minéraux, que l'on y dose habituellement.

La silice, dont le poids ne doit pas dépasser 2 ctgr. par litre dans les bonnes eaux potables, peut provenir de terrains siliceux ou se rencontrer dans des eaux provenant d'étangs à fond siliceux.

Le fer comme le magnésium se trouvent le plus souvent dans les eaux pauvres en oxygène et d'origine profonde. Le fer vient le plus souvent des terrains traversés. Quelquefois cependant il faut en chercher l'origine dans les canalisations.

La chaux constitue habituellement le principal élément minéralisateur des eaux potables et sa présence contribue heureusement à l'alimentation calcique de notre organisme. Des quantités trop abondantes présentent cependant un inconvénient sérieux pour la cuisson des légumes, l'alimentation des chaudières et dans l'industrie du blanchissage.

L'alcalinité de l'eau est due pour la plus grande part aux carbonates de chaux et de magnésie. Les variations de ces sels dans une même source doivent faire craindre des infiltrations pluviales, pouvant amener accidentellement avec elles des déchets suspects et dangereux.

Chlorures

La recherche et le dosage des chlorures constituent des opérations rapides; ils suffisent à donner l'éveil sur des infiltrations et motiver des recherches bactériologiques, permettant de préciser la nocivité de celles-ci. Le chlore existe presque exclusivement sous forme de chlorures dissous, qui, étant donnée leur grande diffusibilité, ne sont pas retenus par les terrains filtrants. Abondants dans les eaux provenant des bords de mer ou dans celles captées à proximité de terrains fortement salés, on ne doit les trouver qu'à l'état de traces dans les bonnes eaux potables. Leur taux varie naturellement en fonction de la nature du sol.

On doit au cours des recherches effectuées sur une eau, attacher une importance toute spéciale à la constance du taux des chlorures. Si celui-ci varie il y a certitude d'infiltrations accidentelles de déchets animaux chlorés.

Une augmentation simultanée des matières organiques et des chlorures implique une souillure proche ou provenant de terrains particulièrement fissurés. L'accroissement des chlorures seuls est un signe de souillure animale éloignée ou arrêtée par les terrains traversés, les chlorures du fait de leur grande diffusibilité n'étant pas arrêtés par le filtre naturel.

Sulfates

La présence de sulfates en proportion élevée n'implique nullement une infiltration suspecte; il faut cependant signaler la gêne qui en résulte dans la cuisson des aliments et dans certaines opérations industrielles. Les ferments, agissant sur les sulfates naturels, peuvent donner lieu par réduction à la formation de petites quantités de sulfures.

Phosphates

Exception faite pour les eaux, provenant de terrains granitiques et gneissiques, les eaux potables ne doivent pas contenir de phosphates. Au-dessus de 0,5 milligr. de P^2O^5 par litre, on a presque certainement une contamination par l'urine, les matières fécales; des infiltrations d'origine industrielles ou encore des eaux de pluie ayant traversé des terres sur lesquelles on a répandu des engrais phosphatés.

Dans les eaux, contenant des phosphates issus de produits organiques, l'analyse révèle en même temps l'existence d'autres produits issus de fermentation azotée tels que NH^3 , nitrites, etc... L'absence de phosphates ne peut à elle seule constituer un indice de potabilité d'une eau. Les phosphates solubles ont pu en effet être insolubilisés dans le sol au cours de leur passage sous forme de phosphate tricalcique.

Exigences des Commissions d'hygiène en ce qui concerne la composition chimique des eaux

Nous venons d'envisager le rôle respectif de chacun des éléments, qui constituent la minéralisation de l'eau. Voyons maintenant quelles sont les exigences des commissions d'hygiène concernant la potabilité d'une eau.

En 1885, le Comité Consultatif d'Hygiène publique de France avait établi des limites entre lesquelles pouvaient osciller les différents résultats analytiques, pour que l'eau analysée puisse être qualifiée de pure, potable, suspecte ou mauvaise.

A la même époque le Congrès Pharmaceutique International de Bruxelles a fixé des chiffres à peu près semblables.

De telles prescriptions ne peuvent être suivies à la lettre, car peu d'eaux seraient susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation de l'homme.

On se fera une opinion moyenne en envisageant à la fois les propriétés physiques et organoleptiques, l'étude géologique des terrains traversés, la

topographie de la région, la recherche des causes de pollution et l'ensemble des résultats fournis par l'analyse chimique et bactériologique.

Dans les trois départements recouverts, le Conseil d'Hygiène d'Arrondissement et le Génie rural sont les organes de contrôle pour les installations nouvelles.

Un géologue est désigné pour donner son avis sur la nature du terrain dans lequel sera captée l'eau. En Alsace-Lorraine, le Professeur de Géologie de Strasbourg est désigné à cet effet.

Les analyses chimiques et bactériologiques sont confiées à un laboratoire agréé par le Ministre de la Santé publique.

Les travaux préparatoires de captation ou de forage, pour connaître le rendement des nappes d'eau, sont confiés à un homme de l'art choisi par la commune sous le contrôle du Génie rural. Celui-ci, d'accord avec le Conseil municipal de la commune, fixe ensuite les conditions qui sont alors inscrites au cahier des charges.

Voyons maintenant quelles sont les limites fixées par le *Comité consultatif d'hygiène publique de France*.

*Limites fixées par le Comité consultatif d'Hygiène publique de France
concernant la pureté d'une eau*

— 55 —

	Eau très pure	Eau potable	Eau suspecte	Eau mauvaise
Chlorures en Cl . . .	moins de 0,015	moins de 0,040	de 0,050 à 0,100	plus de 0,165
Chlorures en NaCl .	(1) moins de 0,027	moins de 0,066	de 0,085 à 0,165	plus de 0,165
Acide sulfurique en SO ³	0,002 à 0,005	0,005 à 0,030	plus de 0,030	plus de 0,050
Acide sulfurique en SO ⁴ Ca	0,003 à 0,008	0,005 à 0,050	plus de 0,050	plus de 0,085
Oxygène emprunté au Mn ⁴ OK alc.	moins de 0,001	moins de 0,002	0,002 à 0,003	
Perte au rouge	moins de 0,015	moins de 0,040	0,040 à 0,070	plus de 0,100
Résidu à 110°	moins de 0,150	moins de 0,400	0,400 à 0,700	plus de 0,700
Degré hydrotimétrique total	5 à 15°	15 à 30°	plus de 30°	plus de 100°
Degré hydrotimétrique permanent	2 à 5°	5 à 12°	12 à 18°	plus de 20°

(1) Ces résultats sont exprimés en grammes par litre.

Dans la région qui nous intéresse et qui fait l'objet de ce travail, ces chiffres n'ont qu'un intérêt purement indicatif. On doit, étant donnée la nature des terrains, admettre un chiffre plus grand en ce qui concerne la quantité de sulfates.

La classification, proposée par le Comité consultatif d'hygiène publique, ne tient aucun compte de certains éléments tels que : azote ammoniacal, azote nitreux, azote nitrique qui permettent cependant de déceler une contamination.

En 1885, le *Congrès international de Bruxelles*, a fixé comme limites, pour une eau potable les chiffres suivants :

Matières organiques (1)	< 2,5 en oxygène
Ammoniaque	< 0,5
Azote albuminoïde	< 0,1
Résidu au rouge	< 500
Sulfates en SO^3	< 60
Chlorure en Cl	< 8
Anhydride azotique (en N^2O^5)	< 2
Oxydes alcalinoterreux	< 200
Silice.	< 30
Fer	< 3
Nitrites	< néant
Hydrogène sulfuré.	< néant
Sulfures.	< néant
Sels métalliques autres que magnésie, fer, alumine	< néant

Le *Formulaire des Hôpitaux militaires* a établi une classification des eaux. Il existerait 3 catégories et selon la teneur en chlorures, on distingue des eaux : suspectes, bonnes ou mauvaises.

I. — 30 et 50 milligrammes de NaCl par litre :

a) Soit présence de nitrites ou de NH^3 ;	} eau suspecte
— de nitrites, 10 milligr. NH^3 ;	
— de matières organiques : 2 milligrammes.	
b) Pas de nitrites ;	} eau bonne
Pas de nitrates ;	
Pas de NH^3 .	

(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

- | | | |
|---|---|--------------|
| c) Matières organiques; | } | eau mauvaise |
| Nitrates; | | |
| Présence de nitrites avec ou sans NH^3 . | | |

- II. — 50 et 60 milligrammes de NaCl par litre:
- | | | |
|--|---|--------------|
| Soit présence de nitrites; | } | eau mauvaise |
| Soit présence de sels ammoniacaux nitrites avec
avec ou sans. | | |

- III. — 50 et 60 milligrammes de NaCl par litre:
- | | | |
|---|---|--------------|
| a) Absence de nitrates; | } | eau suspecte |
| — de nitrites; | | |
| — de sels ammoniacaux; | | |
| Matières organiques: 2 à 3 milligrammes. | | |
| b) Présence de nitrites; | } | eau mauvaise |
| — de sels ammoniacaux; | | |
| — de nitrates même à une dose supérieure à 10 milligrammes; | | |
| Matières organiques: 2 à 3 milligrammes. | | |
| c) Absence de nitrites; | } | eau bonne |
| — de nitrates; | | |
| — de sels ammoniacaux; | | |
| Matières organiques: 1 à 2 milligrammes. | | |

L'Edition 1937 de la *Pharmacopée française* mentionne l'eau ordinaire (aqua simplex) et lui assigne des caractères précis qui sont les suivants:

Caractères:

L'eau ordinaire doit être limpide, incolore, aérée, sans odeur, même à l'ébullition.

Les éléments chimiques dissous dans l'eau ordinaire dépendent de la nature géologique des terrains d'où elle provient. Les eaux pluviales sont naturellement peu riches en éléments dissous. Les limites prévues pour les azotates, les azotites, l'ammoniaque et les matières organiques doivent être rigoureusement observées. En ce qui concerne les chlorures et les sulfates, on pourra admettre certaines eaux dans lesquelles les limites sont plus élevées.

La Pharmacopée française mentionne de plus un certain nombre d'essais qui doivent être effectués sur l'eau et que nous allons reproduire ci-dessous.

L'eau ordinaire doit satisfaire aux essais suivants :

1° Evaporez 100 cm³ jusqu'à réduction de 20 cm³, et faites passer dans le liquide restant un courant d'hydrogène sulfuré; vous ne devrez obtenir ni coloration, ni précipité (métaux).

2° Evaporez un litre d'eau au bain-marie; maintenez le résidu à la température de 100° pendant 4 heures: ce résidu ne devra pas peser plus de 0 gr. 50 (limite des sels tenus en dissolution) et chauffé à feu nu, il ne devra ni brunir, ni dégager de vapeurs ammoniacales ou acides (matières organiques).

3° Dans 200 cm³ d'eau, versez 2 cm³ d'acide azotique officinal et 0 cm³ 35 de la solution décimale d'azotate d'argent: le liquide filtré ne devra plus se troubler par addition de quelques gouttes d'azotate d'argent (R) (limite des chlorures inférieures à 9 mgr. CLH par litre).

4° Portez à l'ébullition 200 cm³ d'eau auxquels vous aurez ajouté 1 cm³ d'acide chlorhydrique officinal et versez dans le mélange 0 cm³ 5 d'une solution de chlorure de baryum à 10 pour cent (R); laissez refroidir et filtrez: le liquide filtré ne devra plus précipiter par une nouvelle addition de chlorure de baryum (R) (limite des sulfates inférieure à 100 mgr. SO₄H₂ par litre).

5° Versez 50 cm³ d'eau dans un cristalliseur; ajoutez 5 cm³ de réactif sulfosalicylique (R); évaporez à sec au bain-marie; laissez refroidir le résidu dans un dessiccateur et ajoutez sur ce résidu 1 cm³ d'acide sulfurique officinal, en ayant soin de mélanger, au moyen d'un agitateur, la totalité du résidu avec l'acide sulfurique. Laissez en contact pendant 5 minutes. Ajoutez 10 cm³ d'eau distillée et 10 cm³ d'ammoniaque. Versez le liquide dans un tube à essai de 60 cm³ environ, portant un trait de jauge à 50 cm³. Rincez le cristalliseur avec de l'eau et complétez jusqu'à obtention d'un volume de 50 cm³ avec cette eau de lavage. D'autre part, préparez dans les mêmes conditions un tube contenant 1 cm³ de solution d'azotate de potassium pur, desséché, à 1 gr. par litre, soit 1 mgr. d'azotate de potassium.

La coloration obtenue dans le tube, contenant l'eau examinée, ne devra pas être plus intense que celle du tube témoin qui correspond à une teneur de 20 mgr. par litre exprimée en azotate de potassium (limite des azotates).

6° Dans un vase cylindrique en verre blanc, versez 50 cm³, puis 2 cm³ de la solution d'acide sulfanilique (R) et 2 cm³ de la solution d'acétate de naphtylamine (R). Mélangez le tout et examinez la teinte du mélange en vous plaçant dans l'axe du vase au-dessus d'une surface blanche; il ne devra pas se produire de coloration rose avant 5 minutes (azotites).

7° Traitez 100 cm³ d'eau à examiner avec cinq gouttes d'une solution de sulfate de cuivre au dixième. Ajoutez 2 cm³ de lessive de soude; laissez reposer quelques minutes de façon à laisser déposer le précipité qui se formera; prélevez par décantation 50 cm³ du liquide clair et ajoutez 2 cm³ de solution alcaline d'iodo-mercure de potassium (R); mélangez et examinez la teinte du liquide en vous plaçant dans l'axe du vase au-dessus d'une surface blanche: il ne devra pas se produire immédiatement de coloration jaune (ammoniaque).

8° Ajoutez à 100 cm³ d'eau, 10 cm³ d'acide sulfurique dilué et 0 cm³ 4 de solution de permanganate de potassium à 3 gr. 16 par litre. Faites bouillir le tout. La coloration du liquide ne devra pas être disparue au bout de dix minutes d'ébullition.

II. — ETUDE BACTERIOLOGIQUE

L'eau a toujours été considérée comme le véhicule de la fièvre typhoïde, mais on sait à quelles difficultés il faut se heurter, pour mettre en évidence ce germe dans l'eau. Cette opération est, en effet, pratiquement impossible.

Le Bacille d'Eberth, qui contamine les eaux d'alimentation, est disséminé dans celles-ci par l'intermédiaire des matières fécales. Il est donc possible de préciser si une eau est contaminée en recherchant un germe, témoin de cette contamination.

Le Colibacille fait partie de la flore habituelle de l'intestin, il est un germe largement répandu dans la nature. Très rares sont les eaux qui n'en contiennent pas. C'est la présence de Colibacilles, en quantité assez importante, qui est considérée comme le principal facteur d'appréciation des qualités bactériologiques d'une eau.

Avant d'étudier quels sont les moyens mis à notre disposition pour rechercher et numérer le Colibacille et les autres germes contenus dans une eau, nous dirons quelques mots en ce qui concerne les prélèvements d'eau pour l'analyse bactériologique.

Prélèvement d'eau pour l'analyse bactériologique

Le prélèvement des échantillons destinés à l'analyse bactériologique, doit être effectué avec le plus grand soin, par des personnes habituées à faire ce genre d'opération.

Les flacons bien propres et bien secs bouchés au coton et munis d'un bouchon de liège fin attaché au goulot de chaque récipient, sont stérilisés à l'autoclave à la température de 120° C., après avoir été soigneusement emballés dans un papier résistant. Les flacons ne sont déballés qu'au moment du besoin et au lieu de prélèvement.

Quand nous nous adressions à des conduites d'eau munies de robinets, ceux-ci étaient flambés consciencieusement. Ensuite nous laissons couler l'eau un certain temps, et remplissons chaque flacon, dont le goulot avait été préalablement flambé. Les flacons bouchés avec leurs bouchons étaient introduits dans des étuis métalliques, logés dans une caisse spéciale emplies d'un mélange de glace concassée et de sciure de bois.

Pour effectuer les prélèvements dans les puits, nous avons utilisé des dispositifs spéciaux que l'on plongeait et ouvrait à la profondeur voulue à l'aide d'un système muni d'une ficelle, permettant le déclenchement du dispositif.

LE COLIBACILLE DANS LES EAUX

Provenance

Il est important de considérer la provenance du Colibacille, avant de déterminer la signification de sa présence.

SAVAGE a fait une distinction entre les Colibacilles provenant de l'intestin de l'homme et ceux provenant de l'intestin des animaux. Il fait remarquer à ce sujet qu'une contamination par les matières fécales d'origine domestique et animale n'a jamais donné lieu à la propagation de maladies infectieuses.

A l'heure actuelle, il n'est pas possible de distinguer par des caractères biologiques, morphologiques et culturels les Bacilles d'origine humaine de ceux d'origine animale.

BETTANCOURT et PORGES (1908) ont écrit que, pour attribuer à la recherche du Colibacille dans les eaux une valeur indiscutable en faveur de leur contamination, il faut démontrer que ce Bacille habite exclusivement l'intestin de l'Homme ou même des autres Mammifères et des Oiseaux. On a englobé avec erreur dans le groupe du Colibacille plusieurs Micro-organismes, n'ayant de commun avec lui qu'un nombre limité de caractères.

GAERTNER (1910) a montré combien les caractères des diverses formes bactériennes, désignées sous le nom de *Bacterium coli* typique et atypique sont variables; combien ces bactéries sont répandues dans la nature et avec quelle difficulté on peut juger de la provenance intestinale ou non des Colibacilles trouvés dans une eau.

Le grand savant allemand écrivait en 1917, que tant qu'il ne sera pas possible de distinguer les Colibacilles venant de l'homme de ceux venant de l'animal, il était préférable d'agir comme s'il venait de l'homme.

GUILLERD (1923) pense que le Colibacille, rencontré dans une eau n'a pas toujours la même signification et que la connaissance de l'origine définit la grandeur du péril couru.

DE GRAAF (1932) rappelle que le contenu intestinal contient une flore microbienne spéciale. Certaines espèces y sont particulièrement abondantes et se rencontrent d'une façon régulière, tels que *B. enteritidis sporogenes*, *Streptococcus*.

Nous avons là des hôtes habituels de l'intestin. La présence de ces germes en grand nombre dans une eau, témoigne de sa contamination certaine par les matières fécales, plus que la présence du Colibacille, dont il est difficile de préciser la nature.

Depuis la découverte de ce germe par ESCHERICH (1886), le problème du Colibacille ne s'est pas éclairci; et sous ce nom on range aujourd'hui un groupe de différentes espèces très apparentées, ou même des variétés d'une ou plusieurs espèces.

L'analyse d'une eau aura donc pour but de reconnaître une contamination par des matières fécales d'êtres à sang chaud. Il est donc nécessaire au cours de telles recherches de nous occuper principalement du Colibacille de type fécal. Cet organisme a été assez étudié pour être reconnu avec certitude, et ESCHERICH l'a décrit de façon excellente.

Il y a peu de microorganismes, qui présentent une aussi grande variabilité que le type Colibacille, c'est ce qui rend encore plus difficile son identification.

Certains auteurs ont fait jouer un rôle principal à la date de contamination de l'eau par les matières fécales. Lorsque les souillures sont anciennes il n'y aurait pas de germes pathogènes dans l'eau. DE GRAAF doute que l'on puisse faire la preuve de cette supposition, et l'âge d'une souillure fécale a pour lui peu d'importance.

Sa virulence

De bonne heure les Bactériologistes se sont préoccupés de l'origine des Colibacilles rencontrés dans l'eau.

WEISSENFELD (1900), à la suite de ses expériences sur le pouvoir pathogène de différentes souches de Colibacilles isolées de l'eau, était arrivé à conclure que le fait d'isoler un Colibacille virulent d'une eau n'impliquait pas une contamination d'origine fécale.

D'après bien des auteurs le Colibacille typique serait virulent et le fait de sa présence dans une eau suffirait à démontrer sa nature fécaloïde.

SAVAGE (1903) reprenant l'étude de la virulence du Colibacille, et après avoir rapporté des opinions très divergentes émises à ce sujet, indique que le Colibacille perd très facilement sa virulence dans l'eau.

La présence d'un Colibacille virulent dans l'eau serait donc une indication de contamination récente et pas nécessairement dangereuse.

VINCENT (1905) a montré que le Colibacille, extrait des matières fécales, est fréquemment peu ou pas virulent, qu'une eau très souillée a donné du Colibacille avirulent, tandis qu'une autre, également riche en germes, possédait un bacille mortel pour le Cobaye. Des eaux de source examinées par ce savant et bien que pures renfermaient un Colibacille, qui tuait les animaux.

De toutes les expériences faites à ce sujet, on peut conclure que la virulence du Colibacille ne semble pas pouvoir servir de base à l'appréciation des qualités d'une eau de boisson.

Colibacille thermotolérant

DE GRAAF a attiré l'attention sur l'importance du Colibacille thermotolérant, comme témoin de contaminations par les matières fécales. Ce colibacille thermotolérant est mis en évidence par EIJKMANN en ensemençant l'eau de la manière suivante :

Deux parties d'eau sont additionnées d'une partie de la solution stérile suivante : (eau 100 cc., glucose 10 gr., peptone de White 10 gr., NaCl 5 gr.) et placées à l'étuve à 45° pendant 24 à 48 heures.

Le germe obtenu est polymorphe asporogène, il se décolore par la méthode de Gram. Il est faiblement mobile, anaérobie facultatif. Il ne liquéfie pas la gélatine, donne de l'indol, fermente le glucose et le lactose. La réaction de Vosges-Proskauer à l'acétyl-méthyl-carbinol se montre négative.

DE GRAAF a constaté que toutes les souches de Colibacilles thermotolerants, isolées suivant cette technique, avaient le pouvoir d'attaquer le glucose et le lactose à 45° C avec production d'acide et de gaz.

S. DE MAGALHAES (1924) étudiant le comportement des Colibacilles, cultivés à 46° C., remarque qu'à part deux exceptions, sur les 65 souches étudiées, les Colibacilles provenant d'animaux à sang froid n'attaquent pas les sucres, quand les cultures sont placées à la température de 46° C. Au contraire, placée dans les mêmes conditions, la presque totalité des Colibacilles venant de l'homme ou des animaux à sang chaud fait fermenter les sucres.

Quoiqu'il en soit, on doit apprécier une eau en déterminant sa teneur en Colibacilles, car la numération de ce germe doit conserver une grande valeur.

Fonction indologène

J. SPILLMANN (1) a démontré que la fonction indologène du Colibacille est liée à sa vitalité. Le séjour prolongé dans l'eau n'influence nullement le pouvoir indologène du Colibacille, à moins que la vitalité de celui-ci ne soit diminuée par la concurrence de certaines Bactéries. Mais, si le Colibacille subsiste, ainsi que J. SPILLMANN l'a mis en évidence, dans une culture mixte de *B. subtilis* et de Colibacille, il suffit de quelques repiquages pour lui rendre sa vitalité et son pouvoir indologène initial. Il serait donc exact que le Colibacille voit s'atténuer son pouvoir indologène, par séjour prolongé dans l'eau, toutes les fois que ce séjour influence défavorablement sa vitalité en général.

Que le Colibacille acquiert à nouveau, par plusieurs repiquages successifs, son pouvoir indologène initial, peu importe; l'essentiel c'est qu'à la première culture, il donne une idée quantitative de son pouvoir indologène à l'état présent: cela permet de porter une appréciation sur l'eau qui le

(1) Considérations sur la recherche de l'Indol et quelques faits concernant la Biologie du Colibacille, par J. SPILLMANN, thèse soutenue à la Faculté de Nancy, 1934.

contient. J. SPILLMANN a signalé que le B. d'Eberth, associé en culture au Colibacille, n'influçait aucunement le pouvoir indologène.

L'eau potable constitue un milieu complexe, où le nombre d'espèces bactériennes en présence est très grand, d'où la difficulté d'apprécier exactement le rôle de chacune de ces Bactéries. Nous ne parlons pas de l'action des Protozoaires, dont l'influence, selon SPILLMANN, est nettement défavorable.

SPILLMANN utilisa pour l'estimation quantitative de l'indol produit par le Colibacille, le milieu L¹ (2) additionné de tryptophane. De composition bien définie, ce milieu a permis des réactions fidèles et comparables. L'auteur a pu également établir la dépendance qui existait entre le pH du milieu et la quantité d'indol produit. Il a trouvé que la réaction optima du milieu était de pH : 7.

Etudiant comparativement les différents réactifs utilisés pour mettre en évidence de l'indol, SPILLMANN a utilisé le réactif de Legal. Celui-ci ofrait le moins de causes d'erreur et permettait une appréciation directe de l'intensité de la réaction par addition d'une solution de nitroprussiate au milieu de culture.

PÉRÉ (1892) signalait que le Colibacille, ensemencé sur milieu sucré ne donnait pas d'indol, et que la culture prolongée sur ce milieu ne provoquait pas d'atténuation de la fonction indologène.

DISTASO (1913) a donné de ce fait l'explication suivante: la peptone, substance très complexe, contient des noyaux beaucoup plus simples que le tryptophane, qui sont attaqués tout d'abord. Les germes ayant ainsi leur nourriture azotée se tournent vers les sucres. Le tryptophane n'est alors pas attaqué, et l'indol pas formé.

La non production d'indol est donc uniquement due à la facilité avec laquelle certains microbes dégradent des substances moins complexes d'abord.

La propriété indologène peut cependant être sujette à variation: M. le Professeur VINCENT, dont on connaît les remarquables travaux, a isolé des eaux, des Colibacilles authentiques non indologènes. Ces Colibacilles isolés provoquaient chez les animaux de laboratoire, des symptômes en tous points comparables à ceux provoqués par la neurotoxine des Colibacilles, doués de pouvoir indologène.

(2) Nous entendons par L¹, le milieu synthétique imaginé par LASSEUR, et dont nous donnons plus loin la formule.

Il n'y a donc pas de relation entre la fonction indologène et le pouvoir pathogène.

Action du Bacille d'Eberth sur le Colibacille

De nombreux travaux ont été effectués dans le but de déterminer l'influence du Bacille d'Eberth sur le Colibacille. Certains auteurs ont prétendu que le Bacille typhique empêchait et d'autres qu'il n'exerçait aucune influence sur la production d'indol par le Colibacille.

Après les recherches de PERE (1892) cultivant le Bacille typhique sur des milieux variés, on admettait que ce germe ne donnait pas d'indol. Par contre en 1910, CROSSONINI avait signalé un germe typhique, dans les cultures duquel la réaction de SALKOWSKI et celle d'EHRlich étaient positives.

Le distillat de telles cultures ne présentant pas les réactions de l'indol, l'auteur a attribué le résultat obtenu à la présence de scatol.

GAUTHIER (1922) a montré que le développement dans un même milieu de Colibacilles et de Bacilles d'Eberth n'entravait pas la fonction indologène du Colibacille.

DOPTER et SACQUÉPÉE (1926), opérant dans les mêmes conditions, ne retrouvent plus que le Colibacille après quelques jours de vie en commun.

VIGNATI (1926) ne voit dans le pouvoir empêchant du Bacille typhique vis-à-vis du Colibacille, qu'une action passagère, se manifestant pendant la période de développement de la culture de Bacille typhique, jusqu'à ce que cette dernière renferme le nombre maximum de germes vivants. A ce moment, il n'y a plus d'action inhibitrice vis-à-vis du Colibacille.

RODÉT et PROUX (1890) avaient cru trouver dans le Bacille typhique une modification, que présentait le *B. coli communis* en traversant l'organisme. Cette conception abandonnée de bonne heure a repris de nouveau corps en 1931 avec BELONOWSKY, LAPINSKAYA et ROSENFELD.

De nombreux auteurs se sont élevés contre cette conception. Et l'illustre GAERTNER en particulier ne pouvait admettre la possibilité d'une transformation du Colibacille en Bacille typhique.

*
**

Toutes ces notions, concernant le Colibacille, étant signalées et ce ger-

me devant nous servir de test de contamination des eaux, il importe maintenant de choisir un procédé sélectif, rapide qui nous permettra une lecture facile et nous donnera des résultats parfaitement comparables.

METHODES DE RECHERCHE DU COLIBACILLE

Les procédés de recherche du Colibacille dans une eau sont très nombreux et très variés. Nous nous sommes servis au cours de notre étude de deux méthodes, dont la technique et l'interprétation nous ont semblé présenter la plus grande netteté: ce sont la méthode de VINCENT et celle utilisant l'eau peptonée au rouge neutre lactosé et phéniqué.

Avant d'en exposer le détail opératoire, nous allons passer rapidement en revue les différentes techniques proposées.

GAERTNER (1) ensemencait l'eau à analyser sur des boîtes de Pétri à la gélose d'Endo ou de Drigalski. Celles-ci étaient abandonnées à l'étuve jusqu'à évaporation de l'eau ensemencée, puis recouvertes. Pour une seule analyse, ce procédé exigeait dix à vingt boîtes de Pétri, sans parler de l'identification complète, par la suite, de toutes les colonies ayant fermenté le lactose. Dans le cas d'une eau peu riche en Colibacilles, les quantités à évaporer sont encore plus considérables et l'auteur préconise un appareil très compliqué pour dessécher cet excédent d'eau. Cet appareil comprend un ventilateur à air chaud préalablement stérilisé.

On conçoit qu'un tel procédé ne soit pas applicable dans la pratique, surtout quand il s'agit d'analyser de nombreuses eaux.

Des auteurs anglais, dont HOUSTON (2) utilisaient pour la recherche du Colibacille des techniques dites « présomptive test ». Selon GAERTNER une réaction présomptive consisterait simplement à ensemencer l'eau à analyser dans de gros tubes à essais, contenant de petits tubes renversés et de l'eau peptonée, glucosée et tournesolée. Les tubes, n'ayant pas fermenté, devaient être considérés comme ne contenant pas de Colibacilles et ceux, ayant montré une fermentation, contenaient un germe, qu'il fallait obligatoirement identifier au Colibacille par l'étude de ces caractères.

EIJKMANN (1912) employait un procédé analogue, mais avec cette seule différence que la culture devait se faire à 45° C au lieu de 37° C.

BULIR (1915) modifia la méthode d'EIJKMANN en ayant recours, comme indicateur, au rouge neutre et comme glucide, à la mannite.

(1) « Die Hygiene des Wassers », Dr Aug. GAERTNER, professeur à l'Université de Iéna (1915).

(2) C. A. HOUSTON, « The quintuple preferential col test », janvier 1907.

Certains auteurs américains utilisèrent par la suite des milieux biliés, reconnaissant à ceux-ci une force de sélection encore supérieure.

Parmi toutes les méthodes proposées, la préférence fut donnée à celles utilisant soit l'acide phénique, soit le rouge neutre.

La résistance toute particulière du Colibacille et des Bacilles typhiques et Paratyphiques vis-à-vis du phénol, incita des auteurs français, tels : CHANTEMESSE et WIDAL (1887) et enfin VINCENT (1890) (1), à utiliser cet antiseptique comme agent sélectif permettant de séparer le Colibacille des autres germes. Ils opéraient à une température d'étuve d'environ 42° C., à laquelle ces germes résistent facilement.

D'autres auteurs utilisèrent la simple culture en présence de rouge neutre ; mais il durent constater que cette réaction n'intéressait pas seulement le Colibacille, mais encore bien d'autres germes. En effet, le rouge neutre vire avec les Bacilles Paratyphiques (SECALE, SACQUÉPÉE, SCHOTTMULLER, VINCENT), le *Bacillus enteritidis* de GÆRTNER (ÆRTRYK, DE NOBEL, MORSEEL), le *Bacillus cloacae* (FERREA, HORTU et PAREDES), les Bacilles du Tétanos, de l'Oedème malin (ROTHBEGGER), Les Microbes de la fermentation ammoniacale (ROCHAIX et A. DUFOUR).

Aussi ROCHAIX (2) proposa-t-il d'utiliser le rouge neutre non plus en vue de la recherche exclusive du Colibacille, mais en vue de la découverte rapide (en 48 heures au maximum) de la contamination globale de l'eau par les microbes, provenant des matières d'origine intestinale.

L'indice de contamination de l'eau ne correspond donc plus, selon cet auteur, au Colibacille seul, mais à l'ensemble des microbes, faisant virer le rouge neutre. On utilise pour cette recherche le bouillon de SAVAGE (3), privé de glucide. Cette technique est employée dans les Laboratoires de l'Armée anglaise, en Suisse, mais avec quelques modifications.

A. ROCHAIX, dans un rapport sur la standardisation des méthodes d'analyses bactériologiques des eaux, considère que la diversité des méthodes, employées pour la numération du Colibacille, a créé une véritable

(1) H. VINCENT, « La détermination bactériologique et le dosage du *Bacillus* Cali dans l'eau de boisson », *l'Hygiène générale et appliquée*, t. IV, 1909, p. 78.

(2) A. ROCHAIX, « Essai de standardisation ».

(3) Bouillon de Savage: à 1.000 cc. de bouillon, on ajoute :

Peptone Defresne: 20 gr.,

Sel marin: 20 gr.,

Glucose: 5 gr.,

puis 5 cc. de rouge neutre à 5 %.

anarchie dans les conclusions que les Hygiénistes et les Bactériologistes peuvent tirer de résultats, concernant les mêmes eaux, analysées à l'aide de techniques différentes.

Dès 1914, Jules COURMONT et Charles LESIEUR (1) disaient « qu'il serait bien à désirer qu'on admit une méthode officielle d'analyses (milieu, nombre de jours de numération, température des étuves, etc...) ».

Et, en 1937, MM. VIGNE et CRÉMIEUX apportaient au Congrès les résultats d'une enquête, effectuée auprès de 18 Laboratoires. Celle-ci devait montrer qu'il existait autant de méthodes ou de variétés de méthodes que d'opérateurs. Ces auteurs demandaient à leur tour qu'on s'entende sur l'unification des méthodes, et dans la mesure du possible, sur l'interprétation des résultats.

Après avoir analysé quels éléments de contrôle pouvaient apporter la numération des germes totaux, celles des liquéfiantes, des anaérobies, etc. ROCHAIX, dans son rapport, constatait que la colimétrie reste le procédé d'investigation le plus important et constitue le pivot de l'analyse bactériologique des eaux.

En ce qui concerne les méthodes de recherche adoptées, il écrivait : « Les méthodes utilisant les milieux phéniqués sont de beaucoup les plus employées, depuis celle de PÉRÉ primitive ou modifiée par Gabriel ROUX et utilisée au laboratoire du Bureau d'Hygiène de la Ville de Lyon, jusqu'à celles préconisées par H. VINCENT ou par DIÉNERT. L'une et l'autre de ces deux dernières méthodes pourraient être adoptées, en se conformant, bien entendu, à toutes les précisions techniques données par ces auteurs. »

La Commission du Conseil supérieur d'Hygiène de France, qui a élaboré les instructions relatives aux eaux d'alimentation (12 juillet 1924), aurait dû fixer, avec les détails circonstanciés, une méthode officielle, à faire adopter par tous les Laboratoires de France.

Ceci fait, resterait encore la difficulté dans l'interprétation des résultats bactériologiques. Celle-ci réside essentiellement dans les divergences rencontrées pour définir le Colibacille :

« Si tout le monde est d'accord pour considérer le Colibacille comme un bacille à extrémités arrondies, aérobie facultatif, dépourvu de capsules, non sporulé, ne prenant pas le Gram, des divergences, parfois considéra-

(1) Voir *Revue d'Hygiène*, par CALMETTE et BERNARD, tome 47, année 1925, page 1148.

bles, règnent en ce qui concerne la mobilité, la non-liquéfaction de la gélatine, la fermentation du lactose, du saccharose, de la dulcité, la production d'indol, la réduction du rouge neutre qui sont des caractères habituellement attribués à cette espèce » (ROCHAIX).

Il n'est pas douteux qu'il existe des races de Colibacilles comme il existe des races de Pneumocoques, Méningocoques, Streptocoques. »

Malgré les variations que l'on peut constater dans les caractères présentés par le Colibacille, ROCHAIX fait remarquer que la fermentation du lactose a une importance diagnostique particulièrement grande. Elle ne ferait jamais défaut, quoi qu'en aient dit certains auteurs.

La fonction indologène n'est cependant pas aussi constante. ACHARD et RENAULT ont même signalé des Colibacilles provenant d'infections urinaires et qui ne donnaient pas d'indol. Mais en réalité, ROCHAIX considère comme très rares les Colibacilles anindologènes.

Cet auteur constate également que la réaction au rouge neutre est à peu près constante, et il considère que les auteurs ayant signalé des races de Colibacilles ne réduisant pas le rouge neutre, avaient dû commettre une faute dans la préparation du milieu de culture. Enfin ROCHAIX donne à ce propos la définition suivante du Colibacille: « Bacille à extrémités arrondies, aérobic facultatif, plus ou moins mobile, dépourvu de capsules, non sporulé, ne prenant pas le Gram, ne liquéfiant pas la gélatine, faisant fermenter le lactose, le glucose, le lévulose, le maltosé, le galactose, la mannite, pouvant pour certaines races faire fermenter la dulcité et le saccharose, donnant habituellement de l'indol décelable par les réactifs classiques, réduisant le rouge neutre. Ce n'est que tout à fait exceptionnellement qu'un des caractères indiqués comme constant peut manquer. »

En ce qui concerne la numération du Colibacille, ROCHAIX, sans imposer de chiffres rigoureux, considère qu'en premier lieu il faut apprécier l'origine du Colibacille. A ce propos, il cite la méthode employée aux Etats-Unis « La Standard method of water analysis » pour déceler les Colibacilles d'origine fécale, c'est-à-dire provenant d'animaux à sang chaud et auxquels on attribue les caractères essentiels suivants:

Réaction du rouge de méthyle.....	Positive.
— de Voges-Proskauer.	Négative.
Gélatine.	Pas de liquéfaction.
Adonite.	Pas de fermentation.
Recherche de l'indol	Habituellement positive.
Saccharose.	Habituellement par fermentation.

L'ensemble de ces caractères présenterait un haut degré de probabilité. Cependant la non-liquéfaction de la gélatine s'observe aussi bien avec un Colibacille d'origine non fécaloïde.

L'action sur le saccharose, proposée par Mac CONKEY repose sur le fait presque universellement admis dans les pays de langue anglaise que les Colibacilles d'origine humaine ne font pas fermenter ce glucide.

Sur 18 échantillons de Colibacilles d'origine fécaloïde, ROCHAIX en a trouvé 13 qui ne fermentent pas le saccharose et il en reste 5 ayant fait fermenter activement ce sucre. Cette méthode se trouverait en défaut dans la proportion de 27,75 pour 100, ce qui lui enlève une certaine valeur.

La fermentation de l'adonite proposée par Max LEVINE s'est trouvée en défaut selon ROCHAIX dans 33,3 p. 100 des cas.

Enfin la réaction au rouge de méthyle aurait été positive dans 88,8 p. 100 des cas.

La réaction de VOGES-PROSKAUER à l'acétyl-méthyl-carbinol s'est montrée négative dans la proportion de 94,4 p. 100.

Remarquons cependant que MAGALHAES, de Lisbonne, a vérifié cette réaction sur 1.290 souches de Colibacilles d'origine humaine et l'a trouvée négative dans 98 p. 100 des cas.

Enfin reste la question de l'indol qui a été particulièrement bien étudiée en France par DIÉNERT et GUILLERD et cela sur 8.000 souches ensemencées.

D'après ces auteurs, ce microbe est d'autant plus indologène, qu'il est plus récemment issu de l'intestin et qu'il a moins séjourné dans l'eau. Ils apprécient l'indol à l'aide d'une gamme de 1 p. 20.000 à 1 p. 400.000. Les Colibacilles donnant des quantités d'indol égales ou supérieures à 1 p. 50.000 sont des germes d'origine récente. Il s'est écoulé peu de temps entre leur émission et leur signalement dans l'eau analysée.

ROCHAIX a expérimenté cette méthode et a constaté la concordance de ses résultats avec ceux fournis par les autres éléments de l'analyse.

Rappelons aussi qu'Erick BONDØ a montré que sur 100 souches de Colibacilles isolées de l'intestin des animaux à sang chaud, 90 produisent de l'indol. Les souches provenant des poissons sont par contre rarement indologènes.

D'après ROCHAIX, la mise en évidence d'indol, la réaction au rouge de méthyle et la réaction de VOGES-PROSKAUER devront compléter la simple numération.

*Technique utilisée dans nos recherches
pour la détermination quantitative du Colibacille**

Les méthodes à base d'acide phénique de même que celles à base de rouge neutre sont les méthodes encore actuellement les plus utilisées et auxquelles nous avons donné la préférence.

1°. *Méthode au rouge neutre*

Nous avons adopté pour ce milieu la composition suivante: peptone 40 gr., lactose 5 gr., eau distillée 1.000 cm³.

On fait fondre au bain-marie, puis on neutralise à pH 7,2. Après précipitation à l'autoclave à 120° 1/2 heure, le milieu filtré est additionné de 40 cm³ d'une solution de rouge neutre à 0,2 %. On répartit dans des tubes à cloche à raison d'environ 10 cm³ par tube.

Le milieu obtenu est phéniqué par addition d'une solution d'acide phénique à 5 % pour obtenir une concentration correspondant à 0,085 % en acide phénique.

Les apports de solution d'acide phénique et d'eau à analyser ont été faits suivant le protocole ci-dessous:

Protocole d'analyse

Tubes n°	Quantité d'eau ensemencée	Quantité d'eau phéniquée à 5 %
1	1 cc.	0 cm ³ 25
2	2 cc.	0 cm ³ 30
3	2 cc.	0 cm ³ 30
4	5 cc.	0 cm ³ 35
5	10 cc.	0 cm ³ 40
6	10 cc.	0 cm ³ 40
7	10 cc.	0 cm ³ 40
8	10 cc.	0 cm ³ 40
9	50 cc.	1 cm ³ 10

Les tubes ensemencés sont maintenus pendant 48 heures à la température de 42° C., puis examinés.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

1° Sont considérés comme renfermant du Colibacille, les tubes ayant viré au jaune canari présentant une fluorescence et 1/3 de gaz dans la cloche.

2° Si tous les tubes présentent une réaction positive, l'eau renferme 1.000 Colibacilles par litre.

Si tous les tubes présentent une réaction positive, excepté le tube n° 1, il y a 500 Colibacilles par litre.

Si tous les tubes présentent une réaction positive, excepté les tubes n°s 1, 2 et 3, il y a 100 Colibacilles par litre.

2° Méthode à l'acide phénique de VINCENT

On sait qu'en milieu phéniqué, à température relativement élevée (42° C.), le Colibacille se développe sans aucune gêne et qu'il n'en est pas de même pour les autres germes. C'est en mettant à profit ces observations que VINCENT a proposé la technique suivante.

Dans cinq tubes, on verse 10 centimètres cubes d'eau peptonée à 1 % et contenant 0,5 % de NaCl, puis on ajoute l'eau à analyser, soit 0 cc. 05 dans le 1^{er} tube, 0 cc. 10 dans le 2^e tube, 0 cc. 25 dans le 3^e tube, 0 cc. 50 dans le 4^e tube et 1 centimètre cube dans le 5^e tube.

Deux autres tubes, renfermant 20 centimètres cubes d'eau peptonée, sontensemencés respectivement avec 2 et 5 centimètres cubes d'eau à analyser.

Dans cinq ballons stériles, on verse 10 centimètres cubes, 20 centimètres cubes, 50 centimètres cubes et 100 centimètres cubes d'eau à analyser, puis on ajoute à chacun de ceux-ci, un volume d'une solution peptonée de concentration (1) telle que chaque ballon contienne 1 % de peptone: par exemple 2 cm³ de la solution pour 100 cm³ d'eau à analyser. A chaque tube ou ballon, on ajoute de l'acide phénique en solution à 5 % pour phéniquer à 0,85 0/00.

Après agitation légère des tubes et ballons, le tout est porté à l'étuve à 42° C. Au bout de quatorze à seize heures les cultures sont examinées.

(1) La solution de peptone utilisée est la suivante:

Peptone: 50 grammes,

NaCl: 25,

Eau: 100 cm³.

INTERPRÉTATION

Nous avons considéré comme contenant du Colibacille les tubes montrant un trouble net et donnant après 48 heures d'étuve une réaction de SALKOWSKI (1) positive. La numération se fait de la même manière que dans le procédé au rouge neutre précédemment décrit. A l'aide de la méthode de VINCENT des quantités d'eau, inférieures à 1 cm³ étantensemencées, un nombre de Colibacilles supérieur à 1.000 peut être décelé.

FLORE GLOBALE D'UNE EAU

Pour la numération totale des germes sur gélatine, nous avons toujours eu soin de mesurer exactement l'eau incorporée à la gélatine en nous servant de pipettes stériles en 1/20 de cm³. Lorsque les eaux étaient fortement polluées, on procédait à une dilution préalable de l'eau 1/10, ceci facilitait la numération, tout en la rendant plus exacte.

Outre la numération des Moisissures et des Bactéries chromogènes, nous avons noté quotidiennement le nombre de colonies liquéfiantes. En cas d'envahissement trop rapide et de liquéfaction totale nous avons eu recours aux coefficients mentionnés dans le tableau ci-après :

(1) Réaction de SALKOWSKI pour la caractérisation de l'Indol:

On ajoute au tube de culture quelques gouttes de nitrite de soude dilué à 0,2 % puis, avec une pipette de verre, on fait arriver au fond du tube de l'acide sulfurique concentré.

Un anneau rouge, au niveau de contact de l'eau peptonée et de l'acide sulfurique, révèle la présence d'indol.

	Pourcentage de germes qui ne sont pas apparus (d'après Rossi)	Coefficients par lesquels il faudra multiplier le nombre de colonies obtenues	
		D'après H. Vincent (1)	D'après Miquel (2)
Au 1 ^{er} jour	99,—	»	50,000
Au 2 ^e jour	85,—	19,6	7,353
Au 3 ^e jour	76,—	8,82	3,937
Au 4 ^e jour	65,—	5,61	2,584
Au 5 ^e jour	53,—	3,86	1,887
Au 6 ^e jour	40,—	3,05	1,570
Au 7 ^e jour	30,—	2,40	1,379
Au 8 ^e jour	21,—	1,82	1,282
Au 9 ^e jour	14,—	1,52	1,224
Au 10 ^e jour	9,—	1,33	1,164
Au 11 ^e jour	4,—	1,19	1,121
Au 12 ^e jour	3,—	1,10	1,086
Au 13 ^e jour	2,—	1,06	1,052
Au 14 ^e jour	0,—	1,04	1,024
Au 15 ^e jour	0,—	1,—	1,000

EVALUATION QUANTITATIVE DES GERMES ANAÉROBIES

Nous avons fait la numération des anaérobies en ensemençant exactement 1 cm³ d'eau dans de la gélose Veillon, recouverte d'une couche de paraffine, et en mettant à 37° C.

Après 48 heures nous avons compté le nombre de colonies ayant dégagé des gaz.

*
**

Il ressort de ces faits, que malgré toutes les précautions prises pour apprécier la qualité d'une eau d'alimentation, cette opération reste délicate. La caractérisation du Colibacille comme test de pollution est chose difficile. En effet, en dehors des difficultés rencontrées, du fait des techniques employées actuellement pour le mettre en évidence, le Colibacille constitue un groupe en lui-même très hétérogène.

(1) Les cultures sont effectuées entre 16 et 18° C.

(2) Les cultures sont effectuées à la température de 20° C.

Des auteurs ont constaté d'importantes variations, intéressant aussi bien la fermentation du glucose que le pouvoir réducteur et la production d'indol; il en résulte que ce germe, tel que l'ont décrit les Bactériologistes, « ne nous apparaît pas comme une espèce bactérienne univoque » (PIERON, 1927).

Devant ces difficultés, certains Bactériologistes ont songé à trouver d'autres critères de pollution. Tour à tour ils se sont adressés au Staphylocoque, à l'Entérocoque, ou à l'ensemble des Bactéries de la putréfaction.

Parmi ces dernières, il en est qui manifestent leur présence par les colorations qu'elles communiquent aux milieux sur lesquels on les cultive.

Certaines d'entre elles donnent une fluorescence verte, d'autres une coloration rouge, violette, etc...

BACTERIES CHROMOGENES

On considère la présence des bactéries chromogènes dans les eaux d'alimentation comme un indice défavorable.

Les travaux de MIGULA (1890), IMBEAUX (1897), THIRY (1900), MIQUEL (1902), MACÉ (1904), BONJEAN (1906), LASSEUR (1913) ont montré de magistrale façon qu'il existait une coïncidence entre la non potabilité d'une eau et la présence de germes fluorescents, de *B. violaceus*, *B. prodigiosus* et autres espèces chromogènes.

Il est possible de constater, en effet, que les eaux, véhiculant un grand nombre de germes chromogènes, sont en même temps dans de très nombreux cas celles qui contiennent le Colibacille. Elles se signalent en même temps par la forte proportion de matières organiques que l'on y rencontre et qui les font toujours considérer comme suspectes.

Au cours de nos recherches, nous avons attaché une importance tout à fait spéciale aux Bactéries fluorescentes. C'est la raison pour laquelle nous allons maintenant dire quelques mots concernant ces microorganismes et leur fonction fluorescigène.

LES BACTERIES FLUORESCENTES

FONCTION FLUORESCIGÈNE

L'étude de la fonction fluorescigène des Bactéries a fait l'objet de nombreux travaux.

Dès 1872, COHN signalait l'existence de cette propriété et vingt ans plus tard, C. GESSARD tentait de préciser le mécanisme de la production

de la fluorescence. Il constata que l'élément azoté influençait favorablement la production de pyocyanine alors que la matière phosphatée exaltait la fluorescence.

CATHELINAU en 1896, après THUMM (1895) qui niait l'action favorisante des phosphates, n'a pas pu vérifier le rôle important qu'ils jouaient. LEPIERRE (1895) compliqua encore singulièrement la question, en faisant jouer de même un rôle actif à l'élément carboné.

En 1911, LASSEUR montrait que *Bacillus Chlororaphis* ne donne pas de pigment fluorescent dans un milieu synthétique où l'asparagine était remplacée par le glycocolle.

En ce qui concerne l'influence des phosphates, il résulte des expériences faites sur *B. caryocyaneus* par Ph. LASSEUR et A. DUPAIX qu'une dose de 50 milligrammes p. 100 de phosphate dipotassique correspond à un rendement maximum de fluorescence. J.-G. MARCHAL (1932) (1) démontra que pour le *Bacille pyocyanique* cette concentration optima se situait en 50 à 100 milligrammes %. Cet auteur a également remarqué qu'à une concentration de 10 mgr. p. 100 une culture de Bacilles pyocyaniques, vieille de trois jours, ne produit qu'un développement maigre avec absence de voile, alors qu'à un taux de 250 mgr. % la culture est abondante avec un voile épais.

Après agitation prolongée, ce dernier tube donne avec une goutte d'eau oxygénée une teinte bleue très prononcée, alors que dans les mêmes conditions la teinte de l'autre tube ne change pas et ne s'intensifie pas. La pyocyanine, à l'état de leucodérivé, s'est donc révélée après oxydation; ce leucodérivé semble jouer dans cette culture un rôle de vecteur d'oxygène, ou si l'on veut, de ferment respiratoire.

A cette oxydation ou plutôt à cette oxydo-réduction, s'associe le rôle des phosphates et des sels de magnésium.

Nous savons, en effet, que le magnésium est aussi indispensable que les phosphates à la production de la fluorescence et que de plus il doit participer au cycle d'oxydo-réduction du pigment fluorescent.

LASSEUR (1911) a montré que *B. chlororaphis*, ensemencé dans un milieu privé de $MgSO^4$, donne des cultures rigoureusement incolores. Ce fait a encore été vérifié sur les cultures de *B. caryocyaneus* (LASSEUR et DUPAIX, 1930).

(1) J.-G. MARCHAL, « Contribution à l'étude de la variation en Microbiologie », thèse 1932.

THUMM (1895) et J.-G. MARCHAL (1932) ont fait des constatations identiques à propos du *B. pyocyannique*, contrairement à ce qu'avait prétendu GESSARD (1892).

Plus tard avec ces Collaborateurs (1924, 1930, 1932), LASSEUR étudiait les concentrations optima des aliments et minéraux dont surtout les phosphates et les sels de magnésium azotés hydrocarbonés.

Ph. LASSEUR, G. THIRY, A. DUPAIX, M. OLIVIER (1930) ont montré le rôle du sulfate de magnésium sur la fonction fluorescigène des Bactéries. Dans les milieux synthétiques sans magnésium, *B. Caryocyaneus* ne donne pas de pigment fluorescent. En outre les milieux, renfermant 1 à 2 mgr. de $Mg\ Cl^2$, présentent une coloration jaune. Par addition de une à deux gouttes d'une solution à 8 % de $Mg\ Cl^2$ dans ces cultures, il y a production d'une coloration verte après 24 heures.

Dans les recherches qui précèdent, tous les essais ont été faits sur un milieu contenant à la fois des phosphates et des sels de magnésium; on est donc autorisé à conclure à leur association indispensable dans le cycle d'oxydo-réduction de la pyocyanine et de la chlororaphine. Si le magnésium est un élément indispensable à la fonction chromogène de *B. pyocyaneus* et du *B. chlóróraphis*, le fer joue de même un rôle capital. Il est indispensable à la chromogénèse de certains germes: tel *B. prodigiosus*.

LASSEUR (1911) a observé, qu'en cultivant des germes fluorescents dans un milieu L^1 normal, c'est-à-dire contenant du fer, la fluorescence disparaissait après 3 jours pour faire place à une teinte brune, due aux sels de fer; les cultures en milieu L^1 sans fer, au contraire conservent leur fluorescence pendant très longtemps.

L'influence de la nature de l'aliment hydrocarboné et de la source d'azote sur la fluorescence a été étudiée par Ph. LASSEUR, A. DUPAIX et J.-G. MARCHAL (1936) (2) à propos de nombreuses Bactéries et plus particulièrement de *B. aurantiacus tingitanus*. Ces auteurs ont constaté que

(1) Rappelons ici que L. MICHAELIS songea, dès 1929, à l'application éventuelle de la mesure du Rh aux ferments respiratoires de WARBOURG (MICHAELIS, *Oxydations, réductions, Potentiale*, 1929, tome II de « Wasserstoffionenkonzentration »).

Parmi ces ferments respiratoires, WARBOURG identifia en 1932 les flavinès. D'après GENEVOIS, ces corps se distinguent tout particulièrement par leur fluorescence, ce qui permet d'en suivre plus facilement le rôle physiologique dans la vie des cellules.

(2) Etude sur la production des substances fluorescentes dans les cultures bactériennes, par Ph. LASSEUR, A. DUPAIX et J.-G. MARCHAL (Travaux du Laboratoire de Microbiologie de la Faculté de Pharmacie de Nancy, 1936, Fasc. IX).

parmi les sucres, le lévulose exaltait davantage la fluorescence. Ces essais ont été faits avec le milieu L² (1) où le lévulose fut substitué au glucose. On remarquera également le fait que le milieu L¹ contenant simplement de la glycérine, sans aucune addition de sucre, produit avec les mêmes souches étudiées une fluorescence plus intense. Il semble donc que les glucides exerceraient plutôt une action inhibitrice alors que le milieu L¹ contenant de la glycérine exalte singulièrement la fonction fluorescigène. On remarquera également que la glycérine exalte la production de prodigiosine.

C'est surtout à DHÉRE (1932), l'éminent physiologiste de Fribourg, qu'est dû l'emploi de nouvelles méthodes pour l'appréciation sur une échelle très étendue de la fluorescence. Ce savant a montré que le champ d'étude avec le spectrographe « déborde considérablement celui qu'on atteint avec le spectroscopie ».

Ph. LASSEUR, A. DUPAIX et J.-G. MARCHAL (1936) ont étudié la fluorescence des Bactéries en y apportant une estimation quantitative. Ils ont eu recours au photomètre spectral construit par P.-J. KIPP et ZONEN. Ces auteurs ont démontré que, pour les cultures de *B. aurantiacus tingitanus* S¹, la production la plus intense de fluorescence a lieu lorsque le pH du milieu de culture se trouve égal à 6,41. Pour le germe étudié ce maximum était atteint après le treizième jour de culture. Contrairement à ce que l'on a cru pendant longtemps, il n'est pas indispensable qu'un milieu soit alcalin pour qu'il y ait fluorescence. Pour un pH de 6,46 on a une fluorescence voisine de celle observée dans les milieux de pH = 7,15.

On observe aussi assez régulièrement que le pH des milieux semencés augmente avec le temps pour tendre vers l'alcalinité. Ainsi un pH initial de 6,41 monte à 7,15 après le 8^e jour et un pH initial de 7,70 monte à 7,94 dans le même temps. En plus, les cultures sont aussi fluorescentes l'une que l'autre après le 4^e jour, se différencient nettement après le 10^e jour. A cette époque, la première culture montre une fluorescence bien plus intense que la deuxième (2). Ceci prouve qu'en croissant, l'alcalinité devient favorable. C'est ainsi qu'une culture, ayant une réaction initiale légèrement acide (pH = 6,41), permet

(1) Le milieu L₂ est un milieu synthétique identique au milieu L₁, mais dans lequel on ajoute 0,10 % de succinate d'ammoniaque et 2 gr. de glucose %.

(2) Voir Travaux du Laboratoire de Microbiologie de la Faculté de Pharmacie de Nancy, Fasc. IX, 1936, p. 92, tableau 1.

par la suite une production de fluorescence plus forte: l'alcalinité ne devenant pas trop élevée. LASSEUR et ses Collaborateurs ont observé un phénomène analogue avec le *B. chlororaphis* S qui, ensemencé en milieu L¹ de pH initial = 6,09, voit son maximum de fluorescence apparaître le 9^e jour où le pH de la culture correspond à 6,63. La fluorescence diminue par la suite, en même temps que le pH augmente.

La concentration optima pour la production de la fluorescence peut varier d'un germe à l'autre: pour *B. caryocyanus* BEIJERINCK-DUPAIX, le pH optimum du milieu de culture est égal à 7,2.

Pour *B. pyocyanus*, ce pH optimum du milieu L¹ utilisé est compris entre 6,12 et 6,62. (MARCHAL, 1932).

Les limites extrêmes où la fluorescence apparaît et disparaît peuvent être assez étendues. On sait que la fluorescence de la lactoflavine disparaît pour un pH inférieur à 3 et supérieur à 10 (L. GENEVOIS, 1935).

Les observations de SCHÖNBEIN (1864) devaient faire attribuer plus tard la disparition de la fluorescence des cultures à la variation du milieu en ions OH—.

A. DUPAIX (1933) a remarqué que la fluorescence peut faire défaut en milieu acide, et être très belle dans les milieux dont le pH est compris entre 7,75 et 8,20. DHÉRE (1934) donna une étude détaillée du spectre de fluorescence de la pyocyanine. En outre cet auteur montrait qu'il existe « un nombre prodigieux de Bactéries qui dans les conditions d'observations convenables apparaissent tout aussi fluorescentes que celles appartenant au groupe des Bactéries fluorescentes proprement dites ». A. DUPAIX a montré, qu'en ce qui concerne l'influence de la température et de l'oxygène, il existe un optimum pour la production du pigment fluorescent vert. GENEVOIS (1935) démontra que la flavine, pigment respiratoire jaune, constitue « un pigment d'oxydo-réduction qui joue dans les cellules végétales et animales un rôle que son potentiel d'oxydo-réduction permet de préciser ». La fluorescence est donc la résultante d'un phénomène complexe conditionné par :

- 1° Les substances azotées et hydrocarbonées;
- 2° Les éléments minéraux bien déterminés tel que les phosphates, les sels de magnésium, les sels de calcium;
- 3° La concentration en ions H+.

Application à l'étude de la flore microbienne des eaux

En ce qui concerne les Bactéries fluorescentes de l'eau potable, l'appréciation devra porter sur la détermination quantitative des germes fluorescents; au lieu de culture à l'étuve on se contentera d'une simple culture à la température ambiante pour éviter l'influence défavorable de la concurrence bactérienne. On se servira dans les recherches précédemment évoquées, du milieu synthétique L¹.

*Technique utilisée pour la recherche quantitative
des Bacilles fluorescents*

Pour cette recherche, on se servira du milieu synthétique L¹. Ce milieu avait été utilisé par Ph. LASSEUR pour cultiver un germe fluorescent *Bacillus chlororaphis* G et S, isolé des eaux potables.

Le milieu synthétique L¹ possède la composition suivante :

Eau	100 gr.
Asparagine.	0 gr. 700
Glycérine	2 gr. 500
Phosphate dipotassique.	0 gr. 250
Sulfate de Magnésie	0 gr. 500
Chlorure de calcium	0 gr. 040
Sulfate ferreux	0 gr. 010

Pour le préparer, on dissout à chaud l'asparagine, on ajoute la glycérine et le phosphate dipotassique, puis après refroidissement verse 60° C., le sulfate de magnésie. Le chlorure de calcium et le sulfate ferreux sont mis tous deux séparément en solution à 1 %. On ajoute pour un litre de milieu 40 cm³ de la première solution et 10 cm³ de la seconde. Le milieu est ensuite additionné de 8 cm³ de solution normale de soude et possède un pH égal à: 6,4. La solution de sulfate ferreux doit être faite avec de l'eau portée à l'ébullition, pour la débarrasser de l'oxygène dissous qui oxyderait le sel ferreux. Le milieu ainsi préparé est distribué en tubes de 10 cm³. On stérilise ensuite à 115° C. pendant une demi-heure.

Trois tubes ainsi préparés sont ensemencés avec: 0,1, puis 0,5, puis 1 cm³ d'eau à analyser, puis abandonnés à la température ordinaire.

Lecture et interprétation

Selon la quantité d'eauensemencée et le nombre de germes, qui y sont contenus, les tubes de milieu synthétique ne tardent pas à présenter un développement. On constate l'apparition d'un trouble et d'un voile à la surface des tubes. Si l'eau contient des germes fluorescents: après 48 heures, il y a production sous le voile d'un anneau fluorescent, dont l'importance et l'intensité vont en croissant dans les jours suivants.

En tenant compte de la quantité d'eauensemencée, il sera facile de déterminer le nombre de Bactéries fluorescentes, contenues dans l'eau. C'est ainsi que le tubeensemencé avec 0 cc. 1 d'eau correspondra à une teneur en Bacilles fluorescents égale à 10.000 s'il est devenu fluorescent. Le tubeensemencé avec 0 cc. 5 correspondra à 2.000 et ainsi de suite.

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

**ÉTUDE GÉOGRAPHIQUE
ET GÉOLOGIQUE**

Localisation géographique et géologique de la région étudiée

Notre travail a pour but principal d'étudier la composition chimique et la bactériologie des eaux, suivant leur origine géologique. C'est la raison pour laquelle nous avons prélevé ces eaux dans des localités géologiquement différentes.

Ces localités que nous énumérons plus loin sont toutes situées sur la rive droite de la Moselle, entre Thionville et Sierck. La région envisagée, se trouve en effet limitée au Nord et à l'Est par la frontière allemande, à l'Ouest par la Moselle, et au Sud par une ligne passant par Basse-Yutz, Metzervisse et Hombourg-Budange. Nos prélèvements ont été effectués à :

Sierck;
Obernaumen et Rémeling;
Halstroff;
Monneren et Sainte-Marguerite;
Kédange, Klang et Hombourg-Budange;
Elzange, Distroff et Metzervisse;
Basse-Yutz, Kœnigsmacker et Basse-Ham.

ETUDE GEOLOGIQUE DE LA RIVE DROITE DE LA MOSELLE

En s'éloignant du lit de la Moselle qui est situé à environ 148 mètres au-dessus du niveau de la mer, à la sortie de Thionville, on rencontre d'abord le terrain alluvionnaire jusqu'à la côte 160. On aborde ensuite un terrain ayant une composition géologique variable et dont nous allons donner une description détaillée.

Au point de vue géologique la région étudiée peut être partagée en quatre terrains différents :

- 1° Le calcaire conchylien (Muschelkalk).
- 2° Le Keuper ou marnes irisées.
- 3° Le Lias.
- 4° Les alluvions.

Examinons maintenant ces diverses formations :

1° CALCAIRE CONCHYLIEN

La région couverte par le calcaire conchylien (Muschelkalk) près de Sierck, est bordée : au Nord par les côtes calcaires du conchylien venant d'Allemagne, au Sud par les couches intra keupériennes limitées par la ligne : Hunting, Haute-Sierck, Kirschnaumen, Halstroff et Flastroff ; à l'Est par les couches conchyliennes déclinant vers la Sarre ; enfin à l'Ouest par l'alluvion de la Moselle.

Si nous envisageons la succession géologique des terrains rencontrés dans cette région, nous constatons l'existence de couches secondaires et tertiaires très variées, creusées parfois de profondes failles, dont la plus importante est celle de la Moselle.

Un violent mouvement d'ordre sismique sur la rive gauche de la Moselle, à une époque fort éloignée, a dû relever, d'une centaine de mètres au-dessus du niveau de la rive droite de la Moselle, les couches de conchylien. Il y a eu aussi création d'un massif calcaire, qui domine au loin la plaine et que l'on nomme le Stromberg.

La faille, résultant de ce mouvement sismique, a mis à nu les couches secondaires dévonniennes, tels que le gré bigarré et le quartzite, que l'on rencontre près d'Apach et dans la vallée de Montenach. Les couches de quartzite paraissent horizontales sur le bord de la Moselle, pour s'incliner près de Merschwiller sous un angle de 35° et disparaître entièrement dans le sous-sol de la frontière allemande.

A l'Ouest du plateau de Sierck, le conchylien est remarquable par les failles abruptes creusées par les eaux, donnant un caractère pittoresque à cette région que des touristes enthousiastes désignent parfois sous le nom de Suisse Thionvilloise. Ce relief tourmenté a donné naissance à plusieurs ruisseaux : le Belbach, le ruisseau de Manderen et celui de Montenach, qui se déversent tous dans la Moselle.

Cette région est essentiellement aquifère, mais ses sources n'ont pas trouvé d'emploi, parce qu'elles sont trop éloignées des grandes agglomérations. Elles alimentent des ruisseaux dans lesquelles on rencontre des truites.

2°. KEUPER OU MARNES IRISÉES

La région couverte par le keuper ou les marnes irisées est bordée au Nord par le conchylien, et à l'Est par le lias, dont la limite correspond à une ligne allant de Kœnigsmacker à Villers-Brettnach, en suivant à peu près le cours de la Canner, principal affluent de la Moselle sur la rive droite.

Les couches keupériennes, qui prennent naissance dans la région de Thionville, dépassent de beaucoup les limites de l'arrondissement. On les retrouve sur les bords du Nied plus loin à Château-Salins, et même près de Nancy. Cette région n'est intéressante au point de vue hydrologique que par les côtes de la rive de la Canner, dont les sommets ont une couverture assez épaisse de rhétien. C'est cette couche, qui alimente à peu près entièrement la Canner.

Le rhétien disparaît lentement sous les couches de lias, constituant la rive gauche de cette rivière. A Distroff cette couche se trouve déjà entre 50 et 80 mètres sous le sol. Dans la plaine de la Moselle, d'après le résultat de deux forages, elle descend même jusqu'à 250 mètres avec une épaisseur maximum de 10 mètres. Le grès rhétien, plus ou moins désagrégé à cette profondeur, est imprégné d'eau salée provenant des marnes sous-jacentes. Ceci rend tout forage artésien illusoire pour capter de l'eau potable dans la vallée de la Moselle à de telles profondeurs.

Le rhétien n'existe plus en contre-bas du massif du Hackenberg, sur le plateau allant de Monneren à Lemmerstroff. La couche dominante de ce plateau est formée par les marnes rouges et grisées du keuper moyen, avec des pseudos-morphoses de sel. Son épaisseur varie de 10 à 40 mètres. Elle recouvre les dolomies infrakeupériennes qui constituent une faible réserve d'eau.

Sur ce plateau il n'existe pas de sources donnant un débit d'eau continu pendant l'année. Les habitants de cette région ont été obligés de forer des puits de profondeur variable pour atteindre les dolomites, qui ne donnent en temps de sécheresse que l'eau strictement nécessaire aux besoins des exploitations rurales.

3° LE LIAS

Le lias constitue la couche géologique, qui recouvre les marnes irisées du Keuper. Dans la région, qui nous intéresse, sur la rive droite de la Moselle, il est essentiellement composé de marnes pyriteuses grises et de calcaire à gryphées. Le lias prend naissance sur la rive gauche de la Canner. Il recouvre les collines, qui la bordent de ce côté, et descend en pente ondulée vers la Moselle dans les alluvions, dont il forme la base étanche. Les couches liasiques remontent ensuite vers les côtes au-delà de la rive gauche pour toucher, à une distance variant entre 5 et 20 km., le calcaire hettangien et les oolithes des mines de fer.

Les marnes infra-liasiques que nous rencontrons sur la côte d'Elzange, ainsi que les calcaires à gryphées de Distroff et de Metzerris, sont peu riches en eau et il est déjà nécessaire de creuser des puits-citernes de fortes dimensions pour améliorer le rendement d'eau. On a cherché par des forages artésiens, pratiqués à Distroff et à Metzerris, à atteindre la couche aquifère du rhétien. Comme nous l'avons déjà vu, ces forages présentent des inconvénients. En remontant, avant de traverser le rhétien, les eaux se chargent de matières salines, telles que le chlorure de magnésium et le sulfate de chaux, qui donnent à l'eau un goût amer.

Dans toute cette région l'établissement de puits, en vue d'une alimentation collective, ne peut avoir de chance de réussite qu'à la condition d'atteindre une couche de rhétien à faible profondeur.

Un forage de ce genre a parfaitement réussi à Oudrenne. Les recherches faites à Metzerris n'ont pas, par contre, donné de résultats appréciables. Une entreprise industrielle de cette commune a foré un puits artésien de 80 mètres servant à alimenter une grande citerne, dont le contenu sert à hydrater la chaux vive. La qualité de cette eau n'a pas été déterminée.

4° ZONE DES ALLUVIONS

Les alluvions de la Moselle restent le collecteur d'eau le plus important et le plus apprécié de toute la région. Elles se composent de diverses couches de sables et de graviers, coupées par des sillons discontinus d'argiles ou de marnes grises, et reposent sur les marnes schisteuses imperméables du lias moyen. Ces alluvions ont une épaisseur variant de 4 à 8 mètres.

Les couches d'argile alluvionnaire, qui sillonnent le sable, ont une épaisseur de 0,50 à 1 mètre et deviennent plus fréquentes à mesure qu'on

s'éloigne du lit de la Moselle. Elles sont généralement jaunes dans la partie supérieure et grises dans les couches situées plus bas. Le terrain alluvionnaire s'étend assez uniformément de part et d'autre de la Moselle et s'arrête généralement aux environs de la côte 160. Son étendue dépend des accidents du terrain.

Très resserrée et presque inexistante dans la région de Sierck, cette zone alluvionnaire s'élargit en remontant la Moselle. Elle se resserre de nouveau près de Malling, puis s'élargit dans les environs de Kœnigsmacker, Basse-Ham et Basse-Yutz. Elle disparaît complètement près des côtes d'Illange, où les marnes schisteuses mises à nues rentrent directement dans le fleuve.

Sur le côté gauche de la Moselle les alluvions s'étendent encore d'avantage et contiennent des réserves d'eau encore plus importantes.

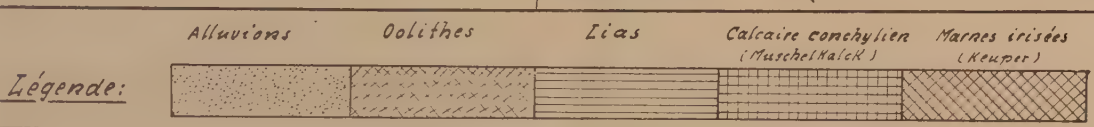
La nappe phréatique varie de 1 à 4 mètres. Elle ne correspond pas au niveau de la Moselle. Elle est surélevée de 2 mètres au-dessus du niveau moyen de celle-ci, et de ce fait elle est en temps normal à l'abri d'une contamination possible, provenant des eaux de la Moselle.

L'eau des alluvions de la Moselle sert depuis 3 ans à l'alimentation des grands centres de la région mosellane, tels que Metz, Montigny, Sablon, Maizières, Hagondange, Hettange, Thionville.

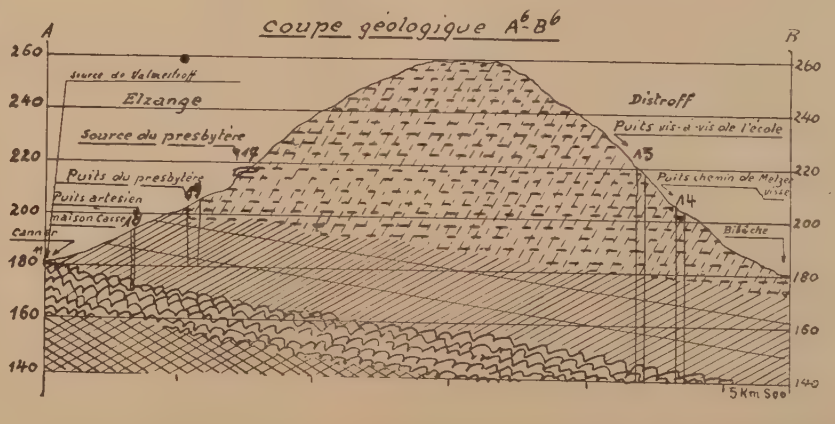
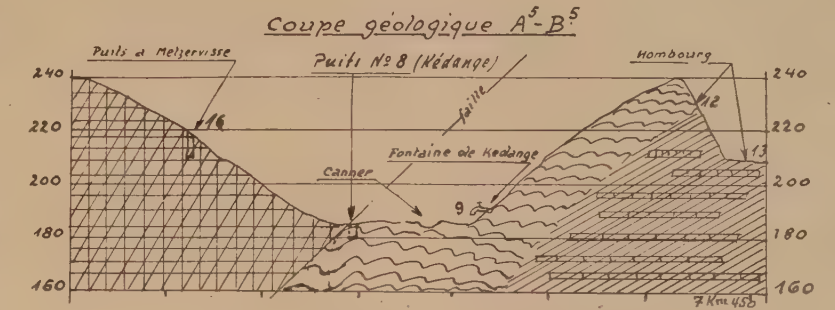
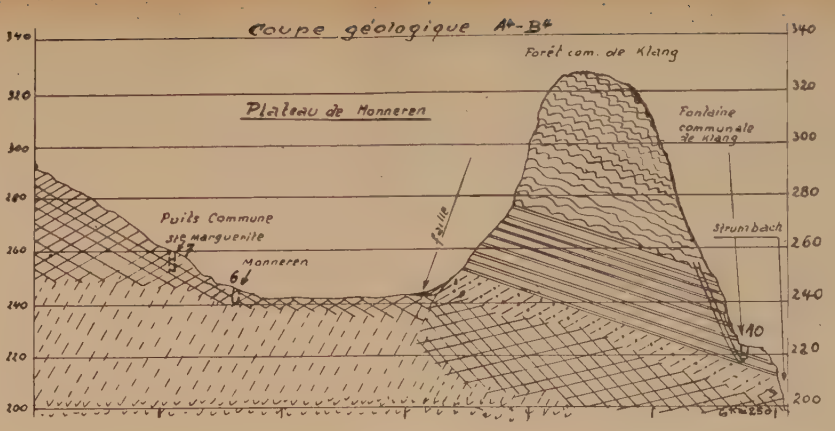
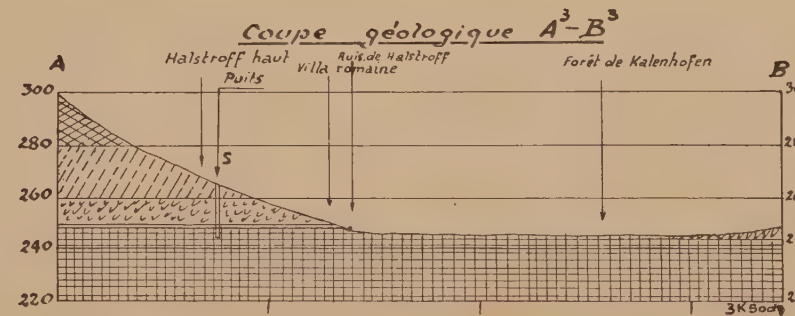
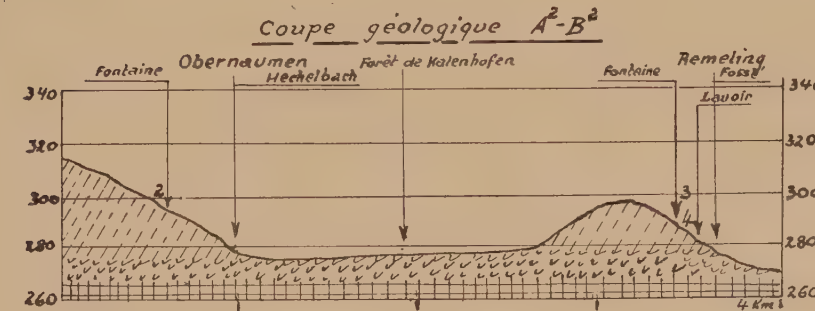
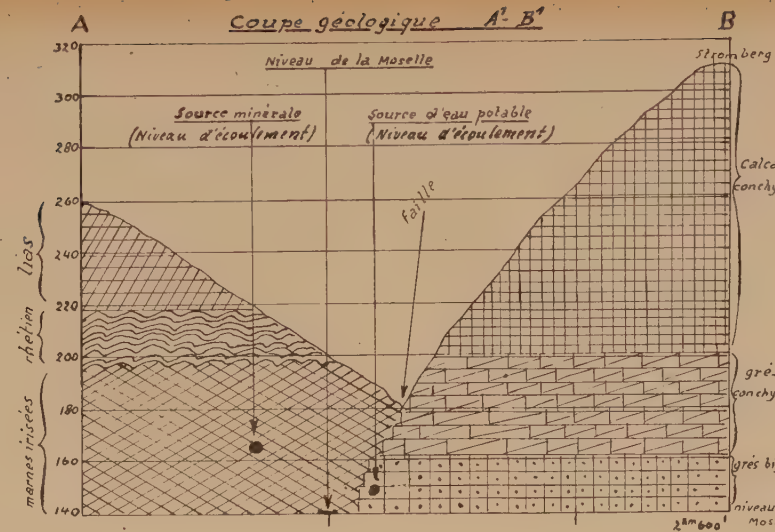
Pour la zone que nous étudions, elle constitue également le terrain le plus riche en eau potable.

Carte géologique des rives de la Moselle.

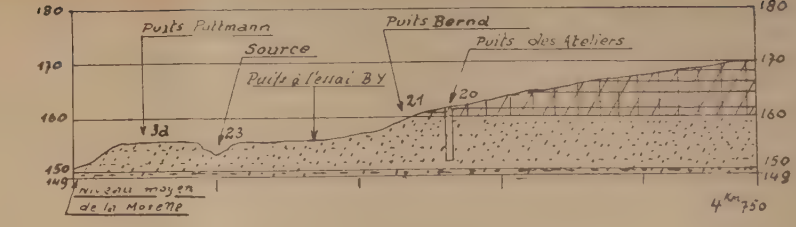
A: 150 000



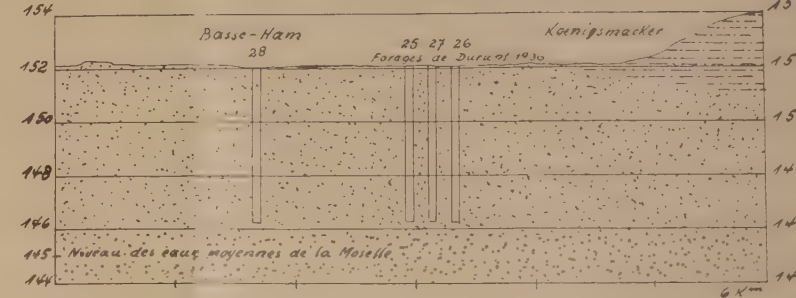
Les lignes A, B, A₁, B₁ correspondent aux coupes géologiques figurant ci-après.
Sur chacune de ces droites ont été localisés les points limitant ces coupes à l'aide d'un petit trait transversal.



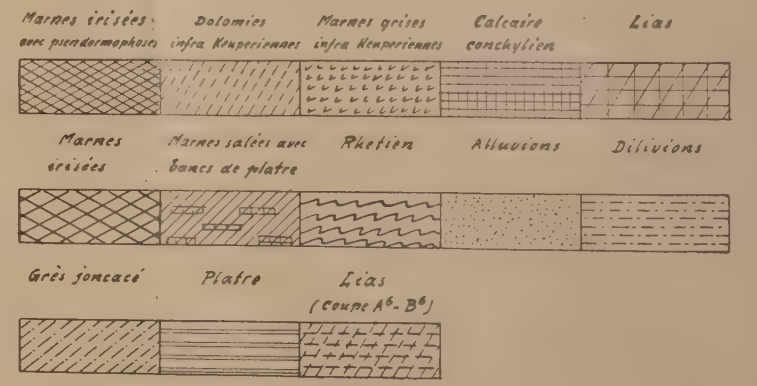
Coupe géologique A7-B7



Coupe géologique A8-B8



Légende



CHAPITRE DEUXIEME

EXPÉRIMENTATION

PRÉLIMINAIRES

Dans le but de rendre plus facile la lecture de l'exposé de nos recherches expérimentales, nous avons groupé nos prélèvements d'eau en séries. Celles-ci correspondent aux quatre divisions géologiques que nous avons adoptées.

Première série de prélèvements effectués dans la région du calcaire conchylien (Muschelkalk)

Prélèvement d'eau de source à Contz (près Sierck)

(Eau n° 1. — Coupe géologique A¹-B¹)

Dans la région de Sierck nous nous trouvons en présence de deux failles, résultant de phénomènes cosmographiques particulièrement puissants. Le Stromberg, avec ses énormes gisements de dolomies dures, paraît être sorti de terre à la suite d'un violent effort sismique. Les couches secondaires dévoniennes, que l'on ne trouve nulle part ailleurs dans la région, ont atteint ici la surface, voisinant avec les couches tertiaires du keupér et du lias.

Une île de calcaire conchylien, formée de matériaux durs, de calcaire nodulaire, résista à l'emprise des eaux, qui couvraient autrefois toute la région mosellane. La Moselle prit d'abord son cours à gauche du Stromberg, entraînant une bonne partie des marnes liasiques, et mettant en partie le rhétien à nu. Il en résulta une différence de niveau de plus de 100 mètres entre le sommet du Stromberg et le vallon de Schengen. Puis la Moselle se chercha une autre issue, à droite du Stromberg, par une faille dans le grès bigarré et les quartzites.

Le Stromberg a donc donné naissance à une double faille, qui se fait aussi remarquer au point de vue hydrologique. C'est dans la faille de Contz que jaillit une source d'eau minérale, dont la valeur curative est appréciée. Nous donnons ci-dessous un tableau comportant des renseignements précis sur sa composition.

Le grès vosgien, qui forme la base du Stromberg, est un réservoir d'eau d'une certaine importance. Tout autour de la montagne, au pied des vignes, jaillissent de petites sources, qui sont légèrement minéralisées, au fur et à mesure qu'elles se rapprochent de la faille de Contz. Par suite de l'énorme couche de calcaire, qui recouvre de grès vosgien, cette eau est assez dure et contraste avec celles, qui sortent des contreforts des Vosges, où cette couverture calcaire n'existe pas, et qui sont au contraire fort douces. Nous avons effectué un prélèvement dans le voisinage de la source d'eau minérale saline. Il n'y aura donc pas lieu de s'étonner de la forte teneur en chlorures que nous rencontrerons au cours de l'analyse (eau n° 1).

A titre documentaire nous reproduisons ci-dessous la composition de l'eau minérale de Sierck (1).

(1) D'après l'analyse qui en a été faite en 1863 par M. Bouis, chef des travaux de l'Académie de Médecine de Paris:

Chlorure de sodium.....	8,585 gr. par litre
Chlorure de potassium.....	0,086 —
Chlorure de calcium.....	3,660 —
Bromure de sodium.....	0,200 —
Sulfate de magnésie.....	0,658 —
Bicarbonate de chaux.....	0,152 —
Bicarbonate de fer.....	0,027 —
Iodure de sodium.....	traces
Phosphates.....	traces
Résidu total à 110°.....	13,384 gr. par litre

Cette eau a fait l'objet de nombreux travaux scientifiques et en particulier de deux thèses de médecine: « Les Eaux minérales de Sierck », par René MULLER, docteur en médecine, Strasbourg, 1935; « Contribution à l'étude des injections intratissulaires de l'eau minérale de Sierck isotonisée », par Rabinzon RUWIN, docteur en médecine, Strasbourg 1932.

Eau N° 1

<i>Provenance</i>	Eau de source prélevée à Kontz
<i>Terrain géologique</i>	grès bigarré (marnes keupériennes)
<i>Conditions de prélèvement:</i>	
Date	le 16 juillet 1937
Température de l'air	20°
Température de l'eau	14°
<i>Caractères organoleptiques:</i>	
Odeur	nulle
Saveur	nulle
Aspect	limpide
Dépôt	nul
<i>Recherches chimiques:</i>	
Oxygène dissous (1)	5,9
Acide carbonique total	398,—
Acide carbonique combiné	302,—
pH	6,9
Alcalinité de titration (en mgr. CO^3Ca p. litre)	310,—
Matières organiques en milieu acide	1,1
Matières organiques en milieu alcalin	1,1
Azote ammoniacal	néant
Azote albuminoïde	néant
Nitrates en N^2O^5	9,5
Nitrites	néant
Résidu à 110°	870,—
Résidu au rouge	680,—
Silice en SiO^2	12,—
Fer et alumine en $\text{Fe}^2\text{O}^3 + \text{Al}^2\text{O}^3$	4,5
Calcium en CaO	313,5
Magnésium en MgO	75,9
Sulfates en SO^3	213,7
Chlorures en NaCl	77,6
Phosphates en P^2O^5	néant
Degré hydrotimétrique total	64°
Degré hydrotimétrique permanent	17°
<i>Recherches bactériologiques:</i>	
Germes totaux par cm^3	750,—
Liquéfiants par cm^3	190,—
Colibacilles par litre	1.000,—
Fluorescents par litre	10.000,—
Anaérobies par cm^3	35,—
Espèces chromogènes (autres que les germes fluo- rescents).	néant

(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

CONCLUSIONS

concernant l'eau n° 1

Cette eau présente un certain intérêt, car elle est issue partiellement du grès vosgien; mais, comme elle traverse encore d'autres couches marneuses, elle montre une minéralisation assez forte. S'écoulant librement sur la plage de la Moselle, elle ne manque pas d'être polluée par l'eau de rivière, ce qui explique la proportion assez forte de Collibacilles que l'on y rencontre.

Prélèvement d'eau des sources d'Obernaumen et de Rémeling

(Eaux n°s 2, 3 et 4. — Coupe géologique A²-B²)

Les dolomies grises forment la couche intermédiaire entre les marnes irisées grises et le conchylien.

Ces dolomies présentent de nombreuses fissures et aussi des stries marneuses, qui retiennent une certaine quantité d'eau. Mais cette eau entraîne en même temps de la boue marneuse; de sorte qu'en temps de pluies elle devient trouble et ne se clarifie que lentement. La source communale de Rémeling, vis-à-vis de l'église, donne une eau rarement limpide qui paraît provenir en majeure partie de couches superficielles. De ce fait, elle ne pourra jamais posséder les qualités requises pour être considérée comme potable. Les deux autres sources émergent à des endroits placés en contre-bas des côtes. Elles paraissent avoir une eau mieux filtrée, ne se troublant qu'après des pluies persistantes.

Le conchylien subjacent, dont le niveau à ces endroits est d'environ 260 mètres, pourrait bien fournir une eau limpide; mais son utilisation nécessiterait une installation de pompage, constituant une charge trop lourde pour le budget des deux communes.

Pour ce motif sans doute la commune de Rémeling a maintenu, malgré sa défectuosité évidente, la source n° 4, qui sert surtout à abreuver le bétail.

TABLEAU.

<i>Provenance</i>	Eau n° 2 (source) Fontaine publique d'Ober- naumen	Eau N° 3 (source) Fontaine communale près de l'église de Rémeling	Eau N° 4 (source) Lavoir de Rémeling
<i>Terrain géologique</i>	Dolomies infrakéupériennes, et en- dessous : calcaire conchylien		
<i>Conditions de prélèvement :</i>			
Date	24-7-1936	24-7-1936	24-7-1936
Température de l'air	22°	22°	22°
Température de l'eau	12°	16°	12°
<i>Caractères organoleptiques :</i>			
Odeur	nulle	nulle	nulle
Saveur	nulle	nulle	nulle
Aspect	limpide	limpide	limpide
Dépôt	néant	léger	néant
<i>Recherches chimiques :</i>			
Oxygène dissous	7,2 (1)	5,4	6,2
Acide carbonique total	540,—	454,—	457,—
Acide carbonique combiné	360,6	338,8	343,2
pH	7,—	7,6	7,4
Alcalinité de titration (en mgr. CO ³ Ca par litre)	399,—	389,—	395,—
Matières organiques en milieu acide..	1,2	1,2	1,4
Matières organiques en milieu alcalin..	1,2	1,3	1,3
Azote ammoniacal	néant	néant	néant
Azote albuminoïde	néant	néant	néant
Nitrates en N ² O ⁵	14,—	8,—	50,—
Nitrites	néant	néant	néant
Résidu à 110°	360,6	338,8	384,—
Résidu au rouge	316,—	288,—	343,—
Silice en SiO ²	154,—	108,—	150,—
Fer et alumine en Fe ² O ³ + Al ² O ³ ..	4,—	3,—	3,—
Calcium en CaO	132,—	136,—	162,—
Magnésium en MgO	61,12	63,—	66,2
Sulfates en SO ³	19,2	12,3	33,6
Chlorures en NaCl	12,—	10,—	18,—
Phosphates en P ² O ⁵	néant	néant	néant
Degré hydrotimétrique total	19°	18°	22°
Degré hydrotimétrique permanent	9°	8°	12°
<i>Recherches bactériologiques :</i>			
Germes totaux par cm ³	1.200,—	300,—	800,—
Liquéfiants par cm ³	200,—	130,—	40,—
Colibacilles par litre	1.000,—	1.000,—	750,—
Fluorescents par litre	10.000,—	10.000,—	10.000,—
Anaérobies par cm ³	50,—	3,—	8,—
Moisissures par cm ³	40,—	10,—	10,—
Espèces chromogènes (autres que les germes fluorescents)	néant	néant	néant

(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

CONCLUSIONS

concernant les eaux n^{os} 2, 3 et 4

Les eaux de ces trois prélèvements sont faiblement minéralisées. De plus, elles sont assez fortement contaminées. Ces faits trouvent leur explication dans la nature géologique du terrain traversé. Celui-ci assure une mauvaise filtration.

Toutefois le prélèvement n^o 4, moins riche en Bactéries, présente la minéralisation la plus forte : degré hydrotimétrique plus élevé, sulfates en quantité supérieure. Il en est de même en ce qui concerne les éléments tels que calcium et magnésium.

Pour les eaux de cette région, il conviendra, étant donné le faible pouvoir filtrant du sol, de prévoir un périmètre de protection assez étendu, car cette eau se montre satisfaisante au point de vue de sa minéralisation : résidu et degré hydrotimétrique relativement faibles.

Prélèvement d'eau effectué dans un puits de Halstroff

(Eau n^o 5. — Coupe géologique A³-B³)

Halstroff se trouve comme Obernaumen et Rémeling dans la région de contact entre le conchylien et les marnes irisées (keuper). La situation du village accuse une forte déclivité vers la rivière dite « Halstroffer Bach », affluent de la Nied. Les dolomies du conchylien supérieur forment le fond du ravin, dans lequel coule la rivière. Au-dessus s'étagent les marnes et les dolomies grises. Le niveau du conchylien supérieur dépasse légèrement la côte 250, tandis que les couches grises atteignent des altitudes allant jusqu'à trois cents mètres. Il en résulte que Halstroff possède deux régimes d'eau différents : l'un lui fournissant l'eau de source provenant des couches supérieures, l'autre l'eau profonde ayant son origine dans les couches inférieures.

Les sources, issues des dolomies grises, ont un rendement très variable et tarissent facilement en été, car elles sont superficielles. Se troublant en temps de pluies, comme celles d'Obernaumen et de Rémeling, elles ont une composition chimique analogue. L'eau prélevée à Halstroff provient d'un puits effectué dans le conchylien. Elle est plus fortement minéralisée que celle des sources, mais elle reste limpide toute l'année, et c'est pour ce motif que les habitants du village la préfèrent.

Eau N° 5

Provenance	Puits du Restaurant Bickel à Halstroff
Terrain géologique	Grès conchylien

Conditions de prélèvement :

Date.	7 juillet 1936
Température de l'air	19°
Température de l'eau	13°

Caractères organoleptiques :

Odeur	nulle
Saveur.	nulle
Aspect	limpide
Dépôt.	néant

Recherches chimiques :

Oxygène dissous (1).	75,—
Acide carbonique total	407,—
Acide carbonique combiné	311,—
pH	7,1
Alcalinité de titration (en mgr. CO ³ Ca p. litre).	340,—
Matières organiques en milieu acide.	0,8
Matières organiques en milieu alcalin.	0,8
Azote ammoniacal.	néant
Azote albuminoïde	néant
Nitrates en N ² O ⁵	18,—
Nitrites	néant
Résidu à 110°	560,—
Résidu au rouge	376,—
Silice en SiO ²	17,—
Fer et alumine en Fe ² O ³ + Al ² O ³	3,5
Calcium en CaO	160,—
Magnésium en MgO	66,2
Sulfates en SO ³	40,4
Chlorures en NaCl	39,—
Phosphates en P ² O ⁵	néant
Degré hydrotimétrique total	24°—
Degré hydrotimétrique permanent	16°—

Recherches bactériologiques :

Germes totaux par cm ³	250,—
Liquéfiants par cm ³	11,—
Colibacilles par litre	1.000,—
Fluorescents par litre	10.000,—
Anaérobies par cm ³	158,—
Moisissures par cm ³	20,—
Espèces chromogènes (autres que les germes fluorescents).	néant

(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

CONCLUSIONS

concernant l'eau n° 5

D'une minéralisation relativement faible, donc de pronostic excellent, cette eau est sujette à une pollution provenant d'un captage déficient. (1.000 Colibacilles au litre). Captée avec un périmètre de protection suffisant, elle peut cependant devenir parfaitement potable.

Deuxième série de prélèvements effectués dans la région des marnes irisées (Keuper)

Prélèvements d'eau effectués dans les puits de Monneren et de Sainte-Marguerite

(Eaux n^{os} 6 et 7. — Coupe géologique A⁴-B⁴)

Le plateau de Monneren représente la région la moins riche en eau. La couverture de marnes grises et rouges n'en absorbe presque pas. L'eau s'écoule en suivant les pentes et les failles vers des prairies bourbeuses, d'où s'échappe un mince filet d'eau, l'Irbach, affluent de la Nied. Il en est de même du ruisseau de Hargarten, au Nord du plateau, qui a une origine et un déversement semblables. Ces ruisseaux tarissent facilement en été.

A Sainte-Marguerite, village placé sur la côte 299, les puits sont creusés à une profondeur de 30 mètres. Ils atteignent les dolomies infra-keupériennes, qui possèdent une faible réserve d'eau.

Le prélèvement fait, près du village, provient d'un puits, qui se trouve en contre-bas des maisons, à la côte 270, sa profondeur est de 10 mètres. Etant de construction récente, ses parois sont bien cimentées, de sorte que l'eau n'est pas polluée par les matières d'origine animale. Les quantités de nitrates et de chlorures qu'elle contient se maintiennent dans des limites normales.

Il n'en n'est pas de même pour l'eau de Monneren. Le village ne possédant pas de fontaine ni de puits public, l'échantillon d'eau a été prélevé à la pompe d'une maison de ferme dans la partie basse du village. Cette eau est d'une dureté moyenne, parce que les dolomies paraissent à cet endroit approcher de la surface; elle contient une quantité élevée de nitrates et de chlorures par suite d'anciennes pollutions et d'une filtration insuffisante dans la couche marneuse,

	Eau N° 6 (puits)	Eau N° 7 (puits)
<i>Provenance</i>	Puits de l'immeuble Jolivat à Monneren	Puits communal Ste-Marguerite
<i>Terrain géologique</i>	Marnes pyriteuses avec pseudo-morphoses de sel	Keupériennes
<i>Conditions de prélèvement :</i>		
Date	7 août 1936	7 août 1936
Température de l'air	24°	23°
Température de l'eau	13°	10°
<i>Caractères organoleptiques :</i>		
Odeur	nulle	nulle
Saveur	légèrement amère	nulle
Aspect	limpide	limpide
Dépôt	nul	nul
<i>Recherches chimiques :</i>		
Oxygène dissous (1)	2,2	4,7
Acide carbonique total	698,—	587,—
Acide carbonique combiné	528,—	440,—
pH	7,1	7,3
Alcalinité de titration (en mgr. CO ³ Ca par litre)	602,—	500,—
Matières organiques en milieu acide	2,2	1,9
Matières organiques en milieu alcalin	2,1	1,9
Azote ammoniacal	néant	néant
Azote albuminoïde	néant	néant
Nitrates en N ² O ⁵	65,2	0,9
Nitrites	traces nettes	néant
Résidu à 110°	1.118,—	524,—
Résidu au rouge	844,—	437,—
Silice en SiO ²	14,5	24,5
Fer et alumine en Fe ² O ³ + Al ² O ³	6,—	2,5
Calcium en CaO	282,—	210,—
Magnésium en MgO	148,8	66,1
Sulfates en SO ³	175,8	41,8
Chlorures en NaCl	92,2	4,3
Phosphates en P ² O ⁵	néant	néant
Degré hydrotimétrique total	90°	49°
Degré hydrotimétrique permanent	29°	9°
<i>Recherches bactériologiques :</i>		
Germes totaux par cm ³	300,—	280,—
Liquéfiantes par cm ³	120,—	130,—
Colibacilles par litre	500,—	500,—
Fluorescents par litre	10.000,—	10.000,—
Anaérobies par cm ³	3,—	10,—
Moisissures par cm ³	néant	néant
Espèces chromogènes (autres que les germes fluorescents)	néant	rouges

(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

CONCLUSIONS

concernant les eaux n^{os} 6 et 7

Ces eaux ont une forte teneur en sel de chaux, de magnésie et même de chlorures qui leur communique un goût peu agréable. Sans dire qu'elles sont tout à fait impropres aux usages ménagers, elles possèdent un degré hydrotimétrique très élevé et doivent être l'objet de précautions spéciales.

Prélèvements d'eau effectués dans un puits et à 3 sources à Kédange, Klang et Walmestroff.

(Eaux n^{os} 8 et 9. — Coupe géologique A⁵-B⁵)

(Eau n^o 10. — Coupe géologique A⁴-B⁴)

(Eau n^o 11. — Coupe géologique A⁷-B⁷)

La faille de la Canner, dont il a été question dans notre étude géologique, présente des différences notables dans la qualité et la quantité des eaux qu'elle fournit. Les eaux du rhétien superficiel sont bonnes et abondantes. On peut s'en rendre compte d'après les résultats des prélèvements des fontaines publiques de Kédange et de Klang. Ces eaux sont les moins dures de toute la contrée. Cependant, comme c'est le cas pour le prélèvement n^o 14 (puits de Metzerwisse), là, où le rhétien est recouvert d'une couche de calcaire à gryphées, la minéralisation augmente. La Canner, le principal affluent de la Moselle dans cette région, est alimentée par les eaux du rhétien, qui recouvre les coteaux boisés des environs de Villers-Brettnach, où la rivière prend sa source. C'est encore le rhétien qui couvre les sommets de la côte de Klang, des Chênes brûlés, de la Rehheck, du Grossbouch, de la forêt du comte de Hombourg et du Hackenberg. Dans le ravin du Budling, au S.-O. du Hackenberg, les sources du rhétien alimentaient autrefois le moulin des seigneurs de Bausbach et, sur le versant Nord, le ruisseau d'Oudrenne. A l'Est du Hackenberg, une faible couche de grès joncacé retient encore un peu d'eau. Mais le rendement de cette couche, qui s'amalgame au-delà du village de Veckring avec les marnes du plateau de Monneren, s'affaiblit progressivement.

TABEAU.

	Eau N° 8 (puits)	Eau N° 9 (source)	Eau N° 10 (source)	Eau N° 11 (source)
<i>Provenance</i>	Kédange (Immeuble du D ^r Glad)	Lavoir municipal de Kédange	Lavoir public de Klang	Source à l'entrée de Valmestroff
<i>Terrain géologique</i>	Rhétien avec couverture liasique	Rhétien superficiel	Rhétien superficiel	Rhétien avec couverture liasique
<i>Conditions de prélèvement:</i>				
Date	30-7-1936	30-7-1936	30-7-1936	1 ^{re} -2-1937
Température de l'air	18°	23°	24°	5°
Température de l'eau	14°	12°	15°	9°
<i>Caractères organoleptiques:</i>				
Odeur	nulle	nulle	nulle	nulle
Saveur	nulle	nulle	nulle	nulle
Aspect	légèrement trouble	limpide	limpide	légèrement trouble
Dépôt	nul	nul	nul	nul
<i>Recherches chimiques:</i>				
Oxygène dissous	5,4 (1)	9,5	10,9	9,8
Acide carbonique total	227,—	184,—	156,—	303,—
Acide carbonique combiné	171,6	136,4	118,8	228,8
pH	6,9	6,8	6,8	7,1
Alcalinité de titration (en mgr. CO ³ Ca par litre)	195,—	155,—	135,—	136,4
Matières organiques en milieu acide	2,—	1,2	0,5	2,5
Matières organiques en milieu alcalin	2,—	1,3	0,5	2,4
Azote ammoniacal	néant	néant	néant	néant
Azote albuminoïde	néant	néant	néant	néant
Nitrates en N ² O ⁵	60,—	22,1	1,6	4,—
Nitrites	néant	néant	néant	néant
Résidu à 110°	545,—	254,—	226,—	372,—
Résidu au rouge	359,—	192,—	168,—	249,—
Silice en SiO ²	9,—	7,—	11,5	10,—
Fer et alumine en Fe ² O ³ + Al ² O ³	3,5	3,—	4,—	6,—
Calcium en CaO	161,1	81,—	73,5	161,—
Magnésium en MgO	36,2	16,5	11,3	13,3
Sulfates en SO ³	57,6	37,6	21,9	65,9
Chlorures en NaCl	88,1	12,5	16,1	11,—
Phosphates en P ² O ⁵	néant	néant	néant	néant
Degré hydrotimétrique total	25°	18°	15°	30°
Degré hydrotimétrique permanent	14°	2°	1°	9°
<i>Recherches bactériologiques:</i>				
Germes totaux par cm ³	800,—	100,—	110,—	950,—
Liquéfiants par cm ³	160,—	20,—	90,—	200,—
Colibacilles par litre	500,—	80,—	néant	50,—
Fluorescents par litre	10.000,—	10.000,—	200,—	10.000,—
Anaérobies par cm ³	6,—	néant	néant	néant
Moisissures par cm ³	néant	10,—	néant	50,—
Espèces chromogènes (autres que les germes fluorescents)	rouges	néant	néant	rouges

(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

CONCLUSIONS

concernant les eaux n^{os} 8, 9, 10 et 11

Ces eaux ont l'avantage d'être issues des sables du rhétien. Ceci implique une minéralisation faible et une certaine pureté bactériologique. L'eau n^o 10, correspondant au prélèvement effectué au lavoir de Klang, est même tout à fait exempte de Colibacilles.

Les eaux n^{os} 8 et 11 subissent l'influence de la couche liasique sus-jacente, et sont par conséquent plus minéralisées que celles issues du pur grès rhétien (n^{os} 9 et 10).

En prenant soin de ne capter l'eau que dans la couche de grès rhétien qui assurera une filtration suffisante, et en prévoyant un périmètre de protection suffisant, on arrivera facilement à supprimer le Colibacille existant dans certaines de ces eaux.

Prélèvements d'eau effectués aux sources de Hombourg-Budange

(Eau n^o 12. — Eau n^o 13. — Coupes géologiques A⁵-B⁵)

A Hombourg, l'ancienne fontaine communale, située au pied du château des descendants de l'amiral de Colligny, déverse l'eau la plus dure de toute la région. Cette particularité est mentionnée dans l'ouvrage de M. JACQUOT (1), conservateur des Eaux et Forêts à Metz en 1862. La dureté est due à un captage d'eau fait sous le rhétien dans la couche des filons de plâtre. Cette eau ne convient guère à la consommation. La commune de Hombourg a établi une autre conduite dans le rhétien. Celle-ci fournit une eau d'un degré hydrotimétrique bien moindre.

(1) « Description géologique du Département de la Moselle », par JACQUOT, 1862.

	Eau N° 12 (source)	Eau N° 13 (source)
<i>Provenance.</i>	Fontaine publique de Hombourg	Abreuvoir public de Hombourg
<i>Terrain géologique.</i>	Rhétien inférieur	Marnes irisées gypseuses
<i>Conditions de prélèvement:</i>		
Date.	7 août 1936	7 août 1936
Température de l'air.	20°	20°
Température de l'eau.	16°	16°
<i>Caractères organoleptiques:</i>		
Odeur.	nulle	nulle
Saveur.	nulle	nulle
Aspect.	limpide	limpide
Dépôt.	nul	nul
<i>Recherches chimiques:</i>		
Oxygène dissous.	8,— (1)	9,1
Acide carbonique total.	528,—	439,—
Acide carbonique combiné.	396,—	330,—
pH.	7,—	7,—
Alcalinité de titration (en mgr. CO ² ca par litre).	450,—	375,—
Matières organiques en milieu acide.	0,9	0,9
Matières organiques en milieu alcalin	0,9	0,8
Azote ammoniacal.	néant	néant
Azote albuminoïde.	9,—	1,2
Nitrates en N ² O ⁵	néant	néant
Nitrites.	néant	néant
Résidu à 110°.	528,—	2.220,—
Résidu au rouge.	388,—	2.175,—
Silice en SiO ²	14,—	13,—
Fer et alumine en Fe ² O ³ + Al ² O ³	2,5	6,—
Calcium en CaO.	182,—	790,—
Magnésium en MgO	78,8	215,5
Sulfates en SO ³	69,6	1.004,9
Chlorures en NaCl	14,2	22,—
Phosphates en P ² O ⁵	néant	néant
Degré hydrotimétrique total.	27°	209°
Degré hydrotimétrique permanent.	13°	120°
<i>Recherches bactériologiques:</i>		
Germes totaux par cm ³	900,—	130,—
Liquéfiants par cm ³	260,—	15,—
Colibacilles par litre.	1.000,—	néant
Fluorescents par litre.	10.000,—	1.000,—
Anaérobies par cm ³	20,—	néant
Moisissures par cm ³	néant	10,—
Espèces chromogènes (autres que les germes fluorescents)	néant	néant

(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

CONCLUSIONS

concernant les eaux n^{os} 12 et 13

Ces eaux, prélevées à Hombourg à très peu de distance l'une de l'autre, mais provenant de terrains géologiques différents, montrent un contraste net. L'une est issue du sable, l'autre d'un terrain très calcaire. Cette dernière a une minéralisation dépassant 2 gr., et, dans le réservoir où elle s'écoule, on observe des concrétions calcaires de 2 à 3 centimètres de diamètre. En revanche, on remarquera que cette eau très fortement minéralisée est exempte de Colibacilles. Cela n'est généralement pas le cas pour des eaux séléniteuses. Hombourg est situé aux confins de deux couches géologiques; et il est possible de s'approvisionner en eau moins dure que l'on va chercher dans le rhétien.

Troisième série de prélèvements effectués dans la région du Lias

Prélèvements d'eau effectués dans les puits de Distroff et de Metzerrwisse

(Eaux n^{os} 14 et 15. — Coupe géologique A⁶-B⁶)

(Eau n^o 16. — Coupe géologique A⁵-B⁵)

A Distroff, les deux puits, d'où nous avons prélevé l'eau, sont des forages artésiens. L'un a été effectué à 110 mètres de profondeur dans le haut du village, et l'autre à 70 mètres sur la route de Metzerrwisse. Le premier puits donne une eau fortement minéralisée, car il traverse les couches du rhétien pour atteindre les marnes salées, tandis que le second n'a pas touché aux couches salifères.

La commune de Distroff cherche à établir actuellement un captage d'eau à un niveau inférieur à la côte 175, dans le ravin de la Bibiche. La couche rhétienne, à cet endroit, peut être atteinte à une faible profondeur et l'on peut gagner une forte réserve d'eau en installant un puits de large diamètre.

Le plateau liasique, qui s'étend à l'ouest de la Canner, est pauvre en eau. Aussi la commune de Metzerrwisse a-t-elle dû transformer le puits public en une citerne assez volumineuse pour avoir une réserve suffisante d'eau. La teneur en sulfate de chaux est assez forte et occasionne, dans les chaudières des machines à vapeur, la formation d'un dépôt très compact, difficile à enlever.

Un industriel de Metzerrwisse, à la recherche d'une eau moins dure fit un forage de 80 mètres de profondeur pour atteindre le rhétien. Il obtint une eau identique à celle des couches moins profondes, c'est-à-dire mauvaise pour les chaudières.

	Eau N° 14 (forage) à 70 m.	Eau N° 15 (forage) à 110m.	Eau N° 16 (puits)
<i>Provenance.</i>	Pompe publique à Distroff sur le chemin de Metzerwisse	Pompe publique à Distroff vis-à-vis de l'école	Puits en face de la gare de Metzerwisse
<i>Terrain géologique.</i>	Lias moyen	et calcaire	à gryphées
<i>Conditions de prélèvement.</i>			
Date	22-8-1936	22-8-1936	22-8-1936
Température de l'air	21°	21°	19°
Température de l'eau	14°	13°	15°
<i>Caractères organoleptiques:</i>			
Odeur	nulle	nulle	légèrement putride
Saveur	nulle	nulle	nulle
Aspect	légèrement trouble	limpide	limpide
Dépôt.	nul	nul	nul
<i>Recherches chimiques:</i>			
Oxygène dissous	5,4 (1)	7,8	2,5
CO ² total	451,—	405,—	402,—
CO ² combiné.	338,8	308,—	303,—
pH	7,2	7,5	6,9
Alcalinité de titration (en mgr CO ³ Ca par litre).	375,—	350,—	345,—
Matières organiques en milieu acide.	2,7	3,9	4,9
Matières organiques en milieu alcalin.	2,7	3,9	4,5
Azote ammoniacal.	néant	néant	néant
Azote albuminoïde.	néant	néant	néant
Nitrates en N ² O ⁵	90,—	95,—	20,—
Nitrites.	néant	néant	traces nettes
Résidu à 110°.	650,—	874,—	768,—
Résidu au rouge	562,—	682,—	632,—
Silice en SiO ²	5,5	5,—	10,5
Fer et alumine en Fe ² O ³ + Al ² O ³	9,—	2,5	5,—
Calcium en CaO.	153,—	287,—	324,—
Magnésium en MgO.	67,7	53,3	19,4
Sulfates en SO ³	120,3	191,7	144,—
Chlorures en NaCl.	73,2	120,—	43,—
Phosphates en P ² O ⁵	néant	néant	néant
Degré hydrométrique total.	22°	39°	44°
Degré hydrotimétrique permanent.	4°	19°	16°
<i>Recherches bactériologiques:</i>			
Germes totaux par cm ³	650,—	1.100,—	390,—
Liquéfiant par cm ³	200,—	300,—	300,—
Colibacilles par litre.	1.000.	1.000.—	1.000.—
Fluorescents par litre.	10.000.—	10.000.—	10.000.—
Anaérobies par cm ³	12,—	110,—	80,—
Moisissures par cm ³	10,—	néant	néant
Espèces chromogènes (autres que les germes fluorescents).	néant	rouges	néant

(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

CONCLUSIONS

concernant les eaux n^{os} 14, 15 et 16

Ces eaux, d'une teneur assez élevée en sels de chaux et en sulfates, sont en outre toutes fortement polluées au point de vue bactériologique. Elles présentent les caractères des eaux, issues des terrains calcaires. Fortement contaminées, elles sont donc à rejeter. Il en résulte une pénurie d'eau potable dans cette région; et ceci mène à des entreprises onéreuses pour les collectivités.

Prélèvements d'eau effectués à une source et dans deux puits d'Elzange

(Eaux n^{os} 17, 18 et 19. — Coupe géologique A⁶-B⁶)

Le village d'Elzange se trouve sur la rive gauche de la Canner au pied du plateau liasique, qui part de cette rivière vers la Moselle au-dessus des couches keupériennes. Le prélèvement n^o 18 a été fait à la côte 185, dans un puits artésien d'une maison privée, à la profondeur de 6 mètres. L'eau est d'origine rhétienne, mais fortement chargée en chlorures et en sulfate de chaux. Le rhétien est en effet imprégné d'eau minéralisée provenant de la couche liasique superficielle et des couches marneuses sous-jacentes.

La source du presbytère sort des couches de calcaires à gryphées à la côte 205. Elle paraît provenir d'une couche superficielle. De ce fait, elle est peu minéralisée et d'un débit faible. Le puits, voisin du presbytère, est un puits ancien, il date de 1680 et sa profondeur est de 18 mètres. Ce puits n'atteint pas le rhétien. Il est alimenté par les fissures du calcaire. Son eau, comme nous le verrons, est moins minéralisée que celle du puits du bas du village.

TABLEAU.

	Eau N° 17 (source)	Eau N° 18 (puits)	Eau N° 19 (puits)
<i>Provenance.</i>	Conduite d'eau du presbytère d'Elzange	Puits public près du presbytère d'Elzange	Puits artésien de l'immeuble Casse
<i>Terrain géologique.</i>	Lias inférieur et marnes pyriteuses		
<i>Conditions de prélèvement.</i>			
Date	22-8-1936	22-8-1936	22-8-1936
Température de l'air	16°	20°	20°
Température de l'eau	20°	12°	13°
<i>Caractères organoleptiques:</i>			
Odour	nulle	nulle	nulle
Saveur	nulle	nulle	légèrement salée
Aspect	trouble léger	trouble léger	trouble
Dépôt.	néant	néant	néant
<i>Recherches chimiques:</i>			
Oxygène dissous	4,5 (1)	2,2	1,2
CO ² total	379,—	432,—	597,—
CO ² combiné.	277,—	325,—	462,—
pH.	6,8	7,—	6,8
Alcalinité de titration (en mgr CO ³ Ca par litre).	315,—	370,—	526,—
Matières organiques en milieu acide.	2,2	1,9	5,1
Matières organiques en milieu alcalin.	2,2	1,9	5,2
Azote ammoniacal.	néant	néant	néant
Azote albuminoïde.	néant	néant	néant
Nitrates en N ² O ⁵	38,—	34,—	33,—
Nitrites.	néant	traces faibles	traces faibles
Résidu à 110°.	348,—	812,—	1.466,—
Résidu au rouge	296,—	650,—	1.142,—
Silice en SiO ²	296,—	650,—	13,5
Fer et alumine en Fe ² O ³ + Al ² O ³ . .	7,5	6,—	15,—
Calcium en CaO.	154,—	175,—	325,—
Magnésium en MgO.	10,—	56,—	108,—
Sulfates en SO ³	27,9	79,6	236,6
Chlorures en NaCl.	19,2	90,1	235,—
Phosphates en P ² O ⁵	néant	néant	néant
Degré hydrométrique total.	26°	43°	86°
Degré hydrotimétrique permanent . .	9°	10°	24°
<i>Recherches bactériologiques:</i>			
Germes totaux par cm ³	1.250,—	300,—	38.000,—
Liquéfiants par cm ³	200,—	36,—	5.000,—
Colibacilles par litre.	1.000,—	1.000,—	1.000,—
Fluorescents par litre.	10.000,—	10.000,—	10.000,—
Anaérobies par cm ³	3,—	500,—	500,—
Moisissures par cm ³	15,—	1.000,—	1.000,—
Espèces chromogènes (autres que les germes fluorescents).	violet	violet	néant

(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

CONCLUSIONS

concernant les eaux n^{os} 17, 18 et 19

L'eau de cette région est d'une forte minéralisation, très chargée en sels de chaux, en sulfates et même en chlorures. L'eau n^o 17 fait exception. C'est une eau de ruissellement. Les eaux n^{os} 18 et 19, provenant de puits creusés à une certaine profondeur, montrent une minéralisation excessive et une très forte pollution bactérienne. La nature géologique du sol est donc à la base de ces contaminations. Cette région peut être alimentée très difficilement en eau potable, c'est pourquoi on tend à amener l'eau des terres sablonneuses de Koenigsmacker.

Quatrième série de prélèvements effectués dans la région des alluvions de la Moselle

Prélèvements d'eau effectués à une source et dans 3 puits de Basse-Yutz

(Eaux n^{os} 20, 21, 22, 23, 24. — Coupe géologique A⁸-B⁸)

Les quatre prélèvements d'eau de Basse-Yutz proviennent d'un terrain d'alluvions.

Les eaux de pluie traversent dans cette région la couche de sable superficielle, imprégnée en partie d'humus et d'argile pour atteindre à une profondeur maxima de 2 m. 50 les sables et graviers alluvionnaires, déposés sur une couche imperméable. Celle-ci est formée de marnes grises du lias inférieur, ayant une épaisseur de plus de 50 mètres et constituant la nappe phréatique de l'alluvion de la Moselle.

Les eaux des puits, établis dans ces terrains, ont des degrés hydrotimétriques variant entre 25° et 35°; celles de 25° sont considérées vulgairement comme douces et les campagnards s'en servent souvent pour diluer l'eau de vie, parce qu'elles ne troublent que très faiblement l'alcool.

Il en est autrement quand les alluvions sont coupées par une couche diluviale provenant du calcaire à gryphées qui forme le principal élément des côtes dominant la vallée. Ces marnes sont assez chargées de pyrites, elles présentent une couleur grise. Le sulfure de fer par oxydation se transforme en sulfate, qui réagit de nouveau sur le carbonate de chaux pour donner du sulfate de chaux. Ceci entraîne une augmentation du degré hydrotimétrique, et l'obtention d'eaux plus dures.

Ces couches ne s'étendent pas d'une façon uniforme à travers la masse d'alluvions. Elles s'avancent par lames irrégulières vers la Moselle. C'est ainsi que l'eau de l'immeuble Puttmann est bien plus dure, que celle de la source de la Sablière, quoique la distance entre les deux points ne soit que d'une centaine de mètres.

En général la couche pyriteuse ne s'étale d'une façon uniforme que jusqu'à la cote 160. En-dessous de la cote 155, elle ne paraît plus exister.

L'eau des puits devient donc en général plus dure, au fur et à mesure que l'on se rapproche des côtes. La nappe phréatique du territoire de Basse-Yutz, dans sa partie sud, est dirigée vers le Nord, tandis que, dans la partie nord, elle s'incline vers le Nord-Ouest.

Son fond est formé par les marnes dures et schisteuses du lias et se trouve à deux mètres au-dessus du niveau de la Moselle, donc à la cote 151. Ceci correspond au niveau ordinaire du fond des anciens puits de la commune, situés à la cote 155. La profondeur des puits en général ne dépasse pas quatre mètres. Les filets d'eau, qui s'écoulent le long de la terrasse, dominant les bords de la Moselle, se trouvent en général à 2 mètres au-dessus du niveau des prés de la Moselle. Ils ont servi autrefois comme fontaines publiques.

Le sol sablonneux étant très perméable, la quantité d'eau, retenue dans l'alluvion, est assez élevée et donne un bon rendement qui cependant par les temps de sécheresse peut se réduire de moitié.

Au point de vue bactériologique, cette eau, naturellement filtrée par les sables et les graviers, doit être théoriquement pure. Toutefois, pour avoir les garanties voulues, il faut une zone de protection suffisante autour des puits. Cette zone de protection a été fixée à 50 mètres pour les puits des galeries de la conduite d'eau de Metz.

Le choix de l'eau d'alluvion restera toujours la solution la plus pratique pour l'alimentation des villes. Ainsi la Ville de Basse-Yutz se propose de capter elle-même l'eau nécessaire à l'alimentation de ses administrés. Les forages en profondeur effectués pour obtenir de l'eau artésienne n'ont pas donné de bons résultats. Deux forages successifs, l'un à Basse-Yutz, l'autre à Thionville, ont été faits dans ces dernières années. Pour atteindre la couche aquifère du rhétien, il a fallu forer jusqu'à deux cents mètres. Malheureusement, à cette profondeur, le rhétien était complètement imprégné d'eau salée provenant des marnes irisées sous-jacentes, ce qui rendait l'eau impropre à la consommation.

TABLEAU

Eau N° 20 Eau N° 21 Eau N° 22 Eau N° 23 Eau N° 24
(puits) (puits) (puits) (source) (puits)

<i>Provenance.</i>	Ateliers des Chemins de fer Basse-Yutz	Maison Bernt à Basse-Yutz (Cité)	Maison Puttmann à Basse-Yutz	Source de la sablière du réseau A.-L.	Puits à l'essai de la commune de Basse-Yutz
------------------------------	---	---	------------------------------------	---	--

<i>Terrain géologique.</i>	Alluvions de la Moselle	Alluvions de la Moselle	Alluvions de la Moselle	Alluvions de la Moselle	Alluvions de la Moselle
--------------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

Conditions de prélèvement :

Date.	16-7-1936	16-7-1936	16-7-1936	16-7-1936	29-12-1936
Température de l'air.	19°	19°5	19°	19°3	10°
Température de l'eau.	13°1	13°5	12°9	13°	9°5

Caractères organoleptiques :

Odeur.	nulle	nulle	nulle	nulle	nulle
Saveur.	nulle	nulle	nulle	nulle	nulle
Aspect.	limpide	limpide	limpide	limpide	limpide
Dépôt.	néant	néant	néant	néant	néant

Recherches chimiques :

Alcalinité de titration (en mgr. CO_3Ca par litre).....	295,—	217,3	353,—	102,—
Matières organiques en milieu acide.....	0,9	1,2	1,4	0,8
Matières organiques en milieu alcalin.....	0,9	1,1	1,4	0,8
Azote ammoniacal.....	néant	néant	néant	néant
Azote albuminoïde.....	néant	néant	néant	néant
Nitrates en N_2O^5	15,—	34,—	24,—	10,—
Nitrites.....	néant	néant	néant	néant
Résidu à 110°.....	719,—	500,—	813,—	301,—
Résidu au rouge.....	606,—	382,—	749,—	228,—
Silice en SiO_2	14,5	9,—	8,—	12,—
Fer et alumine en $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	3,—	3,—	2,—	3,—
Calcium en CaO	76,5	149,5	286,5	138,—
Magnésium en MgO	29,9	11,—	70,4	6,4
Sulfates en SO_3	129,—	75,4	202,—	40,8
Chlorures en NaCl	22,—	20,—	28,—	17,—
Phosphates en P_2O_5	néant	néant	néant	néant
Degré hydrotimétrique total.....	33°	27°	45°	22°
Degré hydrotimétrique permanent.....	15°	12°	21°	9°
<i>Recherches bactériologiques:</i>				
Germes totaux par cm^3	120,—	950,—	440,—	60,—
Liquéfiants par cm^3	10,—	180,—	80,—	10,—
Colibacilles par litre.....	néant	20,—	néant	néant
Fluorescents par litre.....	200,—	10 000,—	1 000,—	néant
Anaérobies par cm^3	néant	néant	néant	néant
Moississures par cm^3	néant	10,—	5,—	néant
Espèces chromogènes (autres que les germes fluorescents).....	néant	violet	rouges	néant

(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

CONCLUSIONS

concernant les eaux n^{os} 20, 21, 22, 23 et 24

Les eaux, issues des alluvions de la Moselle, sont en général d'une minéralisation assez faible. En outre, elles se trouvent pour la plupart exemptes de Colibacilles. Celles, qui en contiennent, proviennent de puits ayant un périmètre de protection insuffisant. C'est le cas de l'eau du puits n^o 21.

Le sable assure une bonne filtration. Ce fait est clairement mis en évidence lorsque nous comparons les résultats des analyses d'eau de cette région à ceux correspondant aux régions non sablonneuses.

Là, où le sable est traversé par une ou plusieurs couches d'argiles intermédiaires, les eaux présentent une plus forte teneur en sulfate de chaux. C'est le cas du puits n^o 22.

L'eau n^o 24 est une eau de mélange de 3 puits creusés à l'essai pour l'élaboration d'un plan d'alimentation en eau potable pour la Ville de Basse-Yutz. Nous n'avons effectué que l'analyse chimique de cette eau.

Prélèvements d'eau effectués dans les puits de Kœnigsmacker et Basse-Ham.

(Eaux n^{os} 25, 26 27 et 28. — Coupe géologique A⁸-B⁸)

Les trois puits forés dans l'alluvion de la Moselle à Kœnigsmacker doivent alimenter le camp militaire d'Elzange. Ce sont des installations nouvelles, créées d'après des conceptions modernes. Les puits sont établis à une distance d'environ trois cent mètres de la Moselle, à la côte 152, encore émergente aux plus fortes crues de la rivière. Ces puits ont donc l'avantage d'être à l'abri des pollutions provoquées par celles-ci. Cependant les couches diluviales des marnes liasiqes sont assez proches de ce terrain. Elles augmentent la teneur des eaux en sulfates, qui proviennent de l'oxydation des pyrites.

Le rendement de ces puits est excellent. Chacun de ceux-ci après mise en activité des pompes pendant un mois, donne environ huit mille litres à l'heure. Ceci équivaut pour les trois puits à un rendement journalier d'environ 560 m³. Cette quantité d'eau peut suffire pour une population d'environ 6.000 habitants.

Au moment où nous avons effectué son prélèvement, l'eau était très limpide et presque exempte de Colibacilles; néanmoins le terrain n'était pas encore complètement débarrassé des restes de la fumure de l'année précédente. Ce qui explique les traces de pollution constatées. Mais quand une zone de protection sera établie, et que la station de pompage sera complètement aménagée, cette eau ne manquera pas d'être de très bonne qualité.

Un prélèvement d'eau dans un puits ancien de Basse-Ham n'a pas donné de résultats aussi satisfaisants. Cette eau est rendue plus minéralisée par les alluvions liasiqes de la rivière voisine, la Bibiche, petit affluent de la Moselle, qui traverse le village de Basse-Yutz. Par l'infiltration d'eau résiduaire, elle contient des nitrates et aussi du Colibacille. Les puits de toutes les maisons privées de Basse-Ham, commune qui n'a pas de fontaine publique, paraissent être dans un état analogue.

	Eau N° 25 (puits)	Eau N° 26 (puits)	Eau N° 27 (puits)	Eau N° 28 (puits)
<i>Provenance.</i>	Kœnigs- macker Forage Durupt puits I	Kœnigs- macker Forage Durupt puits II	Kœnigs- macker Forage Durupt puits III	Puits de M. Liska à Basse-Haut
<i>Terrain géologique.</i>	Alluvions de la Moselle	Alluvions de la Moselle	Alluvions de la Moselle	Alluvions de la Moselle
<i>Conditions de prélèvement.</i>				
Date	24-7-1936	24-7-1936	24-7-1936	24-7-1936
Température de l'air	22°5	22°5	22°5	21°
Température de l'eau	9°5	9°5	9°9	12°
<i>Caractères organoleptiques:</i>				
Odeur	nulle	nulle	nulle	nulle
Saveur	nulle	nulle	nulle	nulle
Aspect	limpide	limpide	limpide	limpide
Dépôt.	néant	néant	néant	néant
<i>Recherches chimiques:</i>				
Oxygène dissous	9,2 (1)	8,5	8,3	3,2
CO ² total	320.—	325.—	319.—	274.—
CO ² combiné.	233.—	235,4	231.—	206,8
pH.	7,5	7,5	7,5	7,2
Alcalinité de titration (en mgr CO ³ Ca par litre).	265.—	267.—	262,5	235.—
Matières organiques en milieu acide.	0,3	0,3	0,2	2,5
Matières organiques en milieu alcalin.	0,4	0,4	0,3	2,3
Azote ammoniacal.	néant	néant	néant	néant
Azote albuminoïde.	néant	néant	néant	néant
Nitrates en N ² O ⁵	14.—	11.—	15,4	60.—
Nitrites.	néant	néant	néant	traces
Résidu à 110°.	449.—	452.—	441.—	696.—
Résidu au rouge	324.—	322.—	320.—	202.—
Silice en SiO ²	8.—	12,5	10.—	14.—
Fer et alumine en Fe ² O ³ + Al ² O ³	4,5	4,5	4.—	1,5
Calcium en CaO.	166.—	191.—	175.—	255.—
Magnésium en MgO.	12,5	18,4	16,6	17,3
Sulfates en SO ³	86,8	90,9	79,4	126,3
Chlorures en NaCl.	14,6	11.—	14.—	16.—
Phosphates en P ² O ⁵	néant	néant	néant	néant
Degré hydrotimétrique total	28°	28°5	28°	37.—
Degré hydrotimétrique permanent	8°	8°5	8°	13.—
<i>Recherches bactériologiques:</i>				
Germes totaux par cm ³	360.—	1.200.—	1.150.—	4.000.—
Liquéfiants par cm ³	10.—	80.—	25.—	1.200.—
Colibacilles par litre.	néant	néant	néant	200.—
Fluorescents par litre.	1.000.—	2.000.—	2.000.—	10.000.—
Anaérobies par cm ³	néant	néant	néant	27.—
Moisissures par cm ³	néant	néant	néant	20.—
Espèces chromogènes. (autres que les germes fluorescents).	violet et rouges	violet et rouges	violet	néant

(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

CONCLUSIONS

concernant les eaux n^{os} 25, 26, 27 et 28

Les eaux de Koenigsmacker sont moyennement minéralisées. Elles sont une ressource très précieuse pour les villages avoisinants comme Elzange, qui possèdent une eau très séliniteuse.

Quoique la zone de protection ne fût pas encore complètement réalisée au moment de nos prélèvements, nous n'avons constaté, dans aucune des trois eaux, la présence de Colibacilles.

Nous étudierons plus loin l'influence que peut avoir sur ces puits la proximité de la Moselle et nous verrons s'il peut y avoir infiltration de l'eau de la Moselle.

L'eau de puits de Basse-Ham (n^o 28) dénote un degré hydrotimétrique relativement élevé, qui est dû à la proximité des alluvions liasiques de la Bibiche.

En outre elle présente les indices d'une contamination bactérienne assez forte : son aménagement et sa zone de protection étant insuffisants.

Influence de la Moselle sur l'eau des puits avoisinants

La question de l'infiltration des eaux de la Moselle dans les puits, situés à proximité, a constitué depuis toujours un problème important pour ceux qui avaient charge de veiller sur la pureté et la potabilité de ces eaux. Ce problème est en étroite relation avec la configuration géologique de la région. La Moselle coule au fond d'une cuvette liasique, bordée d'alluvions sablonneuses. Les puits, creusés dans les flancs de cette cuvette reçoivent donc l'eau de pluie des côteaux avoisinants et non l'eau filtrée de la Moselle. Le fond de la plupart de ces puits n'atteint pas le niveau moyen de ce cours d'eau.

Indépendamment des questions de niveau, il existe un test chimique indiscutable qui nous démontrera que l'eau des puits, même très rapprochés de la Moselle, ne subit pas de façon appréciable l'influence des eaux du fleuve.

En effet, on verra que l'eau de ce cours d'eau contient une forte proportion de chlorures. Dans un échantillon prélevé, le 24 juillet, à Koenigsmacker, nous avons trouvé 269 mgr. de chlorures par litre.

Or, les eaux des trois puits de Koenigsmacker, distants d'environ 200 mètres que nous avons analysées, au même moment que l'eau de la Mo-

selle, contenaient respectivement 14 mgr. 6, 11 mgr. et 14 mgr. de chlorures par litre. Nous concluons donc que l'influence de la Moselle est nulle ; car, étant donnée leur grande diffusibilité, les chlorures auraient pénétré forcément dans l'eau des puits. Nous ne parlerons pas des nitrites et de l'ammoniaque, dont on ne trouve plus aucune trace dans l'eau de puits.

Les chlorures rencontrés dans l'eau de la Moselle peuvent avoir pour origine les eaux résiduaires des salines de Château-Salins, se déversant dans la Seille ou les sous-produits des usines de Dombasle, s'écoulant dans la Meurthe, affluent de la Moselle. A part les chlorures d'origine minérale, il faut encore signaler les chlorures d'origine animale ayant pour origine les eaux d'égouts.

On remarquera également que le degré hydrotimétrique de l'eau de la Moselle varie fortement suivant les saisons ; atteignant 40° en été, elle peut descendre en hiver jusqu'à 15°.

Au moment des fortes crues, l'eau de la Moselle n'est que très faiblement minéralisée. Il s'en suit donc qu'à un moment où l'infiltration d'eau de la Moselle devient évidente, son niveau dépassant nettement celui des puits avoisinants, les souillures sont très diluées. Le pouvoir filtrant du sable suffit, à lui seul, pour assurer une pureté satisfaisante.

En temps normal, l'eau de la Moselle ne peut s'infiltrer dans les puits, son niveau étant à ce moment inférieur.

Nous donnons ci-dessous, à titre comparatif, un tableau résumant l'analyse chimique de l'eau de la Moselle, prélevée à Kœnigsmacker.

*Analyse chimique de l'eau de Moselle
prélevée le 24 juillet 1936 à Kœnigsmacker*

Température extérieure	17°
Température de l'eau	14°5
Aspect	trouble avec léger dépôt

Analyse de l'eau décantée

Matières organiques en milieu acide.....	0 mgr. 5 par litre	
Matières organiques en milieu alcalin.....	2 mgr. 2	—
Nitrates en $N^{2}O^5$	5 mgr. 5	—
Nitrites.	traces assez fortes	
Amoniaque.	traces faibles	
Phosphates.	néant	
Chlorures en NaCl	269	mgr. par litre
Résidu à 110°	542	—
Résidu à 180°	501	—
Résidu calciné	380	—
Chaux totale en CaO	174,7	—
Acide sulfurique en SO^3	39,5	—
Acide carbonique des bicarbonates en CO^2	106,4	—
Magnésium en MgO	13,2	—
Silice totale en SiO^2	28,5	—
Fer et alumine en $Fe^2O^3 + Al^2O^3$	4,7	—
Degré hydrotimétrique total	26°5	
Degré hydrotimétrique permanent	12°5	
Degré alcalimétrique en mgr. de CO^3Ca par litre.	141	
pH.	7,7	

*Tableau comparatif des résultats des analyses d'eaux de puits
des alluvions de la Moselle et de l'analyse de l'eau de la Moselle*

	Eau de la Moselle à Kœnigs- macker	Eau de puits n° 25	Eau de puits n° 26	Eau de puits n° 27
Matières organiques en milieu acide	0,5	0,3	0,3	0,2
Matières organiques en milieu alcalin.	2,2	0,4	0,4	0,3
Nitrates en N^2O^5	5,5	14,—	11,—	15,4
Nitrites:	traces assez fortes	néant	néant	néant
Ammoniaque	traces faibles	néant	néant	néant
Phosphates.	0,—	0,—	0,—	0,—
Chlorures en NaCl	269,—	14,6	11,—	14,—
Résidu à 110°	542,—	449,—	452,—	441,—
Résidu calciné	380,—	324,—	322,—	320,—
Calcium en CaO	174,7	166,—	191,—	175,—
Sulfates en SO^3	39,5	86,8	90,9	79,4
Magnésium en MgO	13,2	12,5	18,4	16,6
CO^2 combiné	106,4	233,—	235,4	231,—
Silice en SiO^2	28,5	8,—	12,5	10,—
Fer et alumine en Fe^2O^3 + Al^2O^3	4,7	4,5	4,5	4,—
Degré hydrotimétrique total ..	26°5	28°	28°5	28°
Degré hydrotimétrique perma- nent.	12°5	8°	8°5	8°
Degré alcalimétrique en mgr de CO^3Ca par litre.	141,—	265,—	267,—	262,5
pH.	7,7	9,2	8,5	8,3

Les résultats sont exprimés en milligrammes au litre.

Etude comparative des différents tests bactériologiques de pollution

Nous avons déterminé la quantité de Bacilles fluorescents contenus dans les différentes eaux en suivant la technique indiquée dans la première partie de ce travail. Nous avons, en même temps, établi un tableau comparatif de leur teneur en Colibacilles, anaérobies, liquéfiantes et germes totaux.

Les tableaux ci-après donnent les résultats de ces numérations :

TABLEAU.

Numération des Bacilles fluorescents contenus dans les eaux analysées

Tubes n° (milieu syn- thétique L ₄)	1	2	3	4	5
Quantité d'eau ensemencée	0 cm ³ 1	0 cm ³ 5	1 cm ³	5 cm ³	10 cm ³
Nombre de <i>B. fluorescents</i> par litre en cas de réaction positive (1)	10.000	2.000	1.000	200	100
Eau n° 1	+	+	+	+	+
Eau n° 2	+	+	+	+	+
Eau n° 3	+	+	+	+	+
Eau n° 4	+	+	+	+	+
Eau n° 5	+	+	+	+	+
Eau n° 6	+	+	+	+	+
Eau n° 7	+	+	+	+	+
Eau n° 8	+	+	+	+	+
Eau n° 9	+	+	+	+	+
Eau n° 10	0	0	0	+	+
Eau n° 11	+	+	+	+	+
Eau n° 12	+	+	+	+	+
Eau n° 13	0	0	+	+	+
Eau n° 14	+	+	+	+	+
Eau n° 15	+	+	+	+	+

(1) En cas de réaction positive (+), c'est-à-dire production de fluorescence, le tube ensemencé avec:

0 cm ³ 1 d'eau dénotera la présence dans cette eau de 10.000 B. fluoresc. p. litre	
0 cm ³ 5	— 2.000 —
1 cm ³	— 1.000 —
5 cm ³	— 200 —
10 cm ³	— 100 —

Numération des Bacilles fluorescents contenus dans les eaux analysées

Tubes n°	1	2	3	4	5
Quantité d'eau ensemencée	0 cm ³ 1	0 cm ³ 5	1 cm ³	5 cm ³	10 cm ³
Nombre de <i>B. fluorescents</i> par litre en cas de réaction positive (1)	10.000	2.000	1.000	200	100
Eau n° 16	+	+	+	+	+
Eau n° 17	+	+	+	+	+
Eau n° 18	+	+	+	+	+
Eau n° 19	+	+	+	+	+
Eau n° 20	0	0	0	+	+
Eau n° 21	+	+	+	+	+
Eau n° 22	0	0	+	+	+
Eau n° 23	0	0	0	0	0
Eau n° 24	—	—	—	—	—
Eau n° 25	0	0	+	+	+
Eau n° 26	0	+	+	+	+
Eau n° 27	0	+	+	+	+
Eau n° 28	+	+	+	+	+

Tableau comparatif des Tests de pollution

Eaux analysées N°	Bacilles fluorescents par litre	Colibacilles par litre	Anaérobies par cm ³	Liquéfiants par cm ³	Germes totaux par cm ³
1	10.000	1.000	35	190	750
2	10.000	1.000	50	200	1.200
3	10.000	1.000	3	130	300
4	10.000	750	8	40	800
5	10.000	1.000	158	11	250
6	10.000	500	3	120	300
7	10.000	500	10	130	280
8	10.000	500	6	160	800
9	10.000	80	néant	20	100
10	200	néant	néant	90	110
11	10.000	50	néant	200	950
12	10.000	1.000	20	260	900
13	1.000	néant	néant	15	130
14	10.000	1.000	12	200	650
15	10.000	1.000	110	300	1.100
16	10.000	1.000	80	300	390
17	10.000	1.000	3	200	1.250
18	10.000	1.000	500	36	300
19	10.000	1.000	500	5.000	38.000
20	200	néant	néant	10	120
21	10.000	20	néant	180	950
22	1.000	néant	néant	80	440
23	néant	néant	néant	10	60
24	—	—	—	—	—
25	1.000	néant	néant	10	360
26	2.000	néant	néant	80	1.200
27	2.000	néant	néant	25	1.150
28	10.000	200	27	1.200	4.000

Ces tableaux nous permettent de tirer les constatations suivantes :

- 1) Les eaux, contenant de 10 à 100 Colibacilles par litre, ont toutes présenté au moins 10.000 Bacilles fluorescents par litre.
- 2) Les eaux, ne contenant pas de Colibacilles, révèlent néanmoins pour la plupart la présence de Bacilles fluorescents, dont le taux n'excède généralement pas 2.000 par litre.
- 3) Il existe cependant des eaux particulièrement pures qui ne contiennent pas de germes fluorescents.

4) Même en l'absence de Colibacilles, l'existence d'une quantité assez considérable de Bacilles fluorescents, doit inciter l'Hygiéniste à soumettre cette eau à une surveillance bactériologique continue.

5) L'absence de Bacilles fluorescents ajoute un test nouveau à la pureté bactériologique des eaux.

Conclusions

Les résultats des analyses chimiques et bactériologiques pratiquées sur les eaux analysées, ainsi que l'étude géologique des terrains qu'elles ont traversées, nous permettent de tirer les conclusions suivantes :

1° Eaux prélevées dans la région du conchylien (Muschelkalk).

Dans la région du calcaire conchylien, nous avons prélevé une eau de source à Contz (n° 1). Cette source affleure dans le grès vosgien, mais traverse au préalable les couches conchyliennes superposées et les couches salines avoisinantes. Elle se signale par une forte minéralisation et une teneur en chlorures relativement élevée.

Dans la couche du calcaire, à Halstroff (n° 5), nous pouvons trouver une bonne eau potable à la condition cependant de prévoir un périmètre de protection suffisant. Les eaux qui proviennent de l'étage supérieur, constitué par des dolomies grises, sont d'une qualité douteuse, et n'existent pas en été. A l'époque des pluies, cette eau devient facilement trouble et impropre à la consommation; c'est le cas pour les fontaines des villages d'Obernaumen et de Rémeling (n°s 2, 3, 4) dont les eaux qui viennent des dolomies grises, sont de qualité médiocre et d'un débit irrégulier.

Pour obtenir un meilleur approvisionnement en eau potable dans cette contrée, il faudrait avoir recours au reboisement des côtes, dont une grande partie a été défrichée au cours des deux derniers siècles pour y cultiver des céréales.

2° Eaux prélevées dans la région des marnes irisées (Keuper)

L'eau du lavoir de Hombourg est peut-être la plus dure de toute la région. Elle titre 209 degrés hydrotimétriques (n° 13). Cette dureté anormale doit être attribuée à un captage à un niveau trop profond des eaux du rhétien qui se sont infiltrées dans les gisements de plâtre où elles se sont saturées de sulfate de chaux.

Cette eau ne sert que pour le lavoir, et la commune a dû capter une nouvelle source dans le rhétien; celle-ci fournit une eau à peu près potable (n° 12). Pour les villages, qui se trouvent sur le plateau keupérien, entre Monneren et Kirschnaumen, en pleine marne, l'alimentation en eau potable restera toujours difficile. L'eau, dans ces localités, est fournie par la couche sous-jacente des dolomies grises, dont il a déjà été question.

Le débit des puits, alimentant cette région, est faible par les temps de sécheresse et la qualité de l'eau est médiocre d'après le Comité Consultatif d'Hygiène de France (n°s 6 et 7).

La région du rhétien dans les territoires de Kédange et Klang est abondamment pourvue en eau qui peut être distribuée facilement vers la vallée de la Canner (n°s 9 et 10). Ces eaux sont de qualité très bonne: une filtration suffisante étant assurée par le sable.

Le prélèvement n° 8 a été opéré dans un puits situé dans le terrain de contact du lias inférieur et du rhétien. L'eau, circulant dans une couche imprégnée de carbonate de chaux et de pyrites, est plus minéralisée.

3° Eaux prélevées dans la région du lias

Les eaux du plateau liasique, situé entre la Canner et la Moselle, c'est-à-dire dans la région de Metzervisse, Distroff et Elzange (n°s 15 et 16), sont de qualité médiocre. Elles contiennent trop de sels de calcium et de magnésium, ce qui leur communique une saveur amère. Le forage d'un puits artésien à Metzervisse, jusqu'au niveau du rhétien à environ 80-90 mètres, n'a pu remédier à ce défaut.

4° Eaux prélevées dans la région des alluvions de la Moselle

Les alluvions de la Moselle devront toujours être considérées comme le plus important et le meilleur réservoir d'eau de la région. Les sables devraient théoriquement donner de l'eau pure, mais les infiltrations diluviales, tant du Keuper que du Lias, lui donnent une assez forte minéralisation. Celle-ci se manifeste surtout par la présence de sulfates, résultant de la double décomposition des pyrites et des roches calcaires. Cette teneur en sulfates est pour certaines eaux relativement élevée. Néanmoins l'eau, puisée dans le sable mosellan, sert actuellement à l'alimentation de toutes les agglomérations importantes des deux rives de la Moselle. Le débit de cette eau d'alluvion est relativement normal pendant toute l'année, bien que par les temps de sécheresse, celui-ci soit considérablement réduit.

L'expérience faite par les grandes agglomérations du département, telles que Metz, Montigny, Thionville, qui ont établi d'importantes usines de pompage électrique pour capter l'eau de ces alluvions, reste concluante.

L'eau potable obtenue est indispensable aux ouvrages fortifiés, qui dans cette région frontalière sont particulièrement nombreux et dont on connaît l'importance pour notre Défense Nationale.

Les eaux provenant des forages artésiens ont généralement présenté une forte minéralisation avec une teneur élevée en chlorures. Les eaux, issues des terrains marneux, sont très séléniteuses et ont de plus l'inconvénient de contenir un nombre élevé de Colibacilles.

Le grès rhétien et les alluvions seront toujours au premier plan des études hydro-géologiques concernant la région comprise entre Thionville et Sierck sur la rive droite de la Moselle.

VU :

Nancy, le 30 avril 1938.

Le Président de thèse,

J. PASTUREAU.

VU ET APPROUVÉ :

Nancy, le 30 avril 1938.

Le Doyen de la Faculté de Pharmacie,

J. PASTUREAU.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Nancy, le 30 avril 1938.

Le Recteur de l'Académie,

Président du Conseil de l'Université,

L. BRUNTZ.

Table des Matières

INTRODUCTION.....	9
-------------------	---

Première partie

CHAPITRE PREMIER

Historique et considérations locales sur le problème de l'eau.....	13
Législation concernant les eaux dans la région étudiée.....	21

CHAPITRE II

Analyse chimique et bactériologique des eaux.....	29
1° Etude chimique.....	30
2° Etude bactériologique.....	59

Deuxième partie

CHAPITRE PREMIER

Etude géographique et géologique de la région étudiée.....	83
1° Localisation géographique.....	85
2° Etude géologique de la région.....	85

CHAPITRE II

Résultats expérimentaux.....	91
Etude des puits et sources (géologique, chimique et bactériologique)....	91
1° De la région du Muschelkalk.....	93
2° De la région Keupérienne.....	101
3° De la région Liasique.....	109
4° De la région des alluvions avec l'étude de l'influence de l'eau de la Moselle sur l'eau des puits avoisinants.....	115
CONCLUSIONS.....	132





NANCY
SOCIETE D'IMPRESSIONS TYPOGRAPHIQUES
1939

